

Tadeusz STUPAK¹
Ryszard WAWRUCH²
Mariusz WĄŻ³

ANALIZA PORÓWNAWCZA PARAMETRÓW RADARÓW STATKOWYCH

Szczegółowe wymagania, jakim mają sprostać radary instalowane na jednostkach pływających i sposoby ich badania, regulują przepisy wydane przez Międzynarodową Komisję Elektrotechniczną IEC i CENEC przyjęte przez Polskę jako krajowe normy. Dotyczą one czterech typów jednostek pływających: w żegludze przybrzeżnej, śródlądowej i międzynarodowej; osobne wymagania opracowano dla radarów instalowanych na jednostkach szybkich. W artykule przedstawiono najważniejsze wymagane parametry urządzeń radiolokacyjnych dla poszczególnych rodzaj żeglugi, oraz ich analizę porównawczą.

SHIP RADARS PARAMETERS COMPARE ANALYSIS

Detailed requirements for radars installed on floating units and their investigation methods regulate issues regulations by International Electrotechnical Commission (IEC) and adapted by Poland as polish Standards will be presented in this paper. They have to do three different types of sailing: coastal, inland international, separate standards were compiled for radar installed on High Speed Crafts. In this article chosen required parameters for radiolocation equipment for different kinds of sailing will be presented and the analysis of these requirements will be done, too.

1. WSTĘP

Kwestie związane z wyposażeniem statków morskich w urządzenia nawigacyjne reguluje prawnie uchwalona przez Międzynarodową Organizację Morską (IMO)

¹ Akademia Morska w Gdyni; Wydział Nawigacyjny, Katedra Nawigacji; Al. Jana Pawła II 3; 81-345 Gdynia
tel. +48 58 620 10 25; 690 11 27; fax. +48 58 661 69 55
E-mail: stupak@klif.am.gdynia.pl

² Akademia Morska w Gdyni; Wydział Nawigacyjny, Katedra Nawigacji; Al. Jana Pawła II 3; 81-345 Gdynia
tel. +48 58 620 10 25; 690 11 12; fax. +48 58 661 69 55
E-mail: wawruch@am.gdynia.pl

³ Akademia Marynarki Wojennej, Instytut Nawigacji i Hydrografii Morskiej; 81-103 Gdynia ul. Śmidowicza 69
Tel: + 48 58 6262658, 6262774
E-mail: m.waz@amw.gdynia.pl

Międzynarodowa konwencja o bezpieczeństwie życia na morzu (International Convention on Safety of Life at Sea), zwana dalej konwencją SOLAS.

Zgodnie z aktualnie obowiązującymi wymaganiami IMO zawartymi w konwencji SOLAS 1974, wraz ze zmianami wprowadzonymi w 2002 r., każdy statek morski o pojemności brutto 300 i większej oraz statki pasażerskie, niezależnie od ich pojemności, powinny być wyposażone w impulsowy radar pracujący w paśmie „X” (9,3-9,5 GHz). Jednostki o pojemności brutto 3000 i większej powinny być wyposażone w drugi radar pracujący w paśmie „S” (2,9-3,1 GHz). Radar zainstalowany na statku o pojemności brutto mniejszej niż 500 powinien być podłączony do odpowiednio skompensowanego repetytora kursu lub innego urządzenia do przekazywania informacji o kursie (na przykład do urządzenia transmisji danych o kursie – THD -Transmitting Heading Device). Do radaru na statku o pojemności brutto 500 i większej należy podłączyć żyroskopas, EPFS i urządzenie statkowe AIS, a na statkach powyżej 10 000 log mierzący prędkość powodzie. Ponadto, radary wymagane przez konwencję, powinny być wyposażone w następujące pomoce nakresowe:

- elektroniczne urządzenie nakresowe - EPA (Electronic Plotting Aid) lub inne urządzenie do elektronicznego nanoszenia odległości i namiaru ech radarowych celem określenia ryzyka kolizji - radary na statkach o pojemności brutto mniejszej niż 500,
- automatyczne urządzenie śledzenia ech radarowych - ATA (Automatic Tracking Aid) lub inne środki do automatycznego prowadzenia nakresów w celu określenia ryzyka kolizji – każdy radar zainstalowany na statkach o pojemności brutto 500 i większej.

Na statku o pojemności brutto 10 000 i większej, jedno z automatycznych urządzeń śledzenia ech radarowych (ATA) powinno być zastąpione urządzeniem do automatycznego prowadzenia nakresów radarowych - ARPA (Automatic Radar Plotting Aid) lub innym urządzeniem do automatycznego nanoszenia odległości i namiaru co najmniej 20 ech radarowych w celu określenia ryzyka kolizji i symulacji próbnego manewru antykolizyjnego. ARPA lub inne wymienione urządzenie należy podłączyć do urządzenia wskazującego prędkość i drogę przebytą po wodzie.

6 grudnia 2004 roku Komitet Bezpieczeństwa na Morzu IMO przyjął nową Rezolucję MSC.192(79) zatytułowaną: „Przyjęcie zmienionych wymagań techniczno – eksploatacyjnych dla urządzeń radarowych” (Adoption of the Revised Performance Standards for Radar Equipment), która dotyczy urządzeń radarowych instalowanych na statkach morskich 1 lipca 2008 roku lub później i zastąpi w stosunku do nich już wymienione, aktualnie obowiązujące zalecenia dotyczące radarów, ARPA, ATA i EPA.

Urządzenia instalowane wcześniej powinny spełniać zalecenia Załącznika 4 do Rezolucji MSC.64(67) „Zalecenia w sprawie wymagań techniczno – eksploatacyjnych dla urządzeń radarowych” i Rezolucji A.813(19) „Ogólne zalecenia dotyczące kompatybilności elektromagnetycznej dla wszystkich statkowych urządzeń elektrycznych i elektromagnetycznych”. Pomoce nakresowe powinny odpowiadać zaleceniom rezolucji:

- A.823(19) „Wymagania techniczno – eksploatacyjne dla urządzeń do automatycznego prowadzenia nakresów radarowych (ARPA)”,
- MSC.64(67), Załącznik 4 Dodatek 1 „Wymagania techniczno – eksploatacyjne dla automatycznego śledzenia”,
- MSC.64(67), Załącznik 4 Dodatek 2 „Elektroniczne urządzenia nakresowe”.

Należy podkreślić, że poszczególne wymagania konwencji SOLAS i zalecenia przywołanych w niej rezolucji, dotyczą statków zbudowanych po dacie wymienionej w danym prawie konwencji i urządzeń zainstalowanych po dacie wskazanej w danej rezolucji. Zalecenia Załącznika 4 do Rezolucji MSC.64(67) dotyczą urządzeń umieszczonych na statkach 1 września 1999 lub po tej dacie. Radary zainstalowane na statkach wcześniej powinny spełniać zalecenia starszych wersji stosownych zaleceń IMO określonych odpowiednio w rezolucjach: A.222(VII), A.278(VIII), A.477(XII) i A.820(19).

Dodatkowo, radary statkowe powinny odpowiadać wymaganiom i zaleceniom Międzynarodowej Unii Telekomunikacyjnej (International Telecommunication Union – ITU) i normom technicznym Międzynarodowej Komisji Elektrotechnicznej (International Electrotechnical Commission – IEC).

ITU opracowała między innymi niżej wymienione rezolucje dotyczące wymaganych parametrów technicznych radarów morskich:

- M.1313-1 (05/00) – Parametry techniczne morskich radarów nawigacyjnych,
- M.1177-3 (06/03) – Technika pomiarów pola mikrofalowego systemów radarowych.

W przypadku morskich radarów nawigacyjnych, IEC opracowało następujące normy techniczne:

- IEC. 60936-1. Urządzenia i systemy nawigacji i radiokomunikacji morskiej - Radary - Część 1: Radar okrętowy - Wymagania dotyczące działania - Metody badania i wymagane wyniki badań,
- IEC.60936-2 - Urządzenia i systemy nawigacji i radiokomunikacji morskiej - Radary - Część 2: Radar okrętowy dla statków szybkich (HSC) - Metody badania i wymagane wyniki badań,
- IEC 60936-3 - Urządzenia i systemy nawigacji i radiokomunikacji morskiej - Radar - Część 3: Radar wyposażony w mapy - Wymagania dotyczące działania - Metody badania i wymagane wyniki badań,
- IEC 60936-5 - Urządzenia i systemy nawigacji i radiokomunikacji morskiej - Radar - Część 5: Wskazówki na temat stosowania i zobrazowania informacji AIS w radarze,
- IEC.62252 - Urządzenia i systemy nawigacji i radiokomunikacji morskiej - Radar dla jednostek nie podlegających wymaganiom rozdziału V Konwencji SOLAS IMO - Wymagania dotyczące działania, metody badania i wymagane wyniki badań,
- IEC 60872-1, Urządzenia i systemy nawigacji i radiokomunikacji morskiej - Nakresy radarowe - Część 1: Radar z automatycznym śledzeniem ech (ARPA) - Metody badania i wymagane wyniki badań,
- IEC 60872-2, Urządzenia i systemy nawigacji i radiokomunikacji morskiej - Nakresy radarowe - Część 2: Automatyczne pomoce nakresowe (ATA) - Metody badania i wymagane wyniki badań,
- IEC 60872-3, Urządzenia i systemy nawigacji i radiokomunikacji morskiej - Nakresy radarowe - Część 3: Elektroniczne pomoce nakresowe (EPA) - Metody badania i wymagane wyniki badań.

W dalszej części zostaną omówione tylko zalecenia tej rezolucji.

2. ZALECENIA REZOLUCJI MSC.192(79)

Postanowienia cytowanej rezolucji dotyczą wszystkich urządzeń radarowych instalowanych na statkach podlegających konwencji SOLAS, niezależnie od częstotliwości ich pracy i rodzaju zastosowanego wskaźnika oraz typu statku, na którym mają być zainstalowane. Zgodnie z jej zaleceniami, statkowe urządzenia radarowe powinny pomagać w bezpiecznym prowadzeniu nawigacji i unikaniu zderzeń przez dostarczanie informacji o pozycjach, określonych w stosunku do pozycji statku własnego, innych obiektów nawodnych oraz linii brzegowej. W tym celu powinna być zapewniona integracja radarowego sygnału wizyjnego z informacją uzyskaną z radarowych układów śledzących (pomocy nakresowych ARPA i ATA), statkowego elektronicznego systemu określania pozycji - EPFS (Electronic Position Fixing System) i statkowego systemu automatycznej identyfikacji - AIS (Automatic Identification System). Celem ułatwienia monitorowania pozycji statku, radar może też prezentować dodatkowo elektroniczną mapę nawigacyjną lub jej wybrane elementy.

W tabeli 1 przedstawiono wymagania dla urządzeń radarowych w zależności od typu i wielkości statku, na którym mają być one zainstalowane.

Po włączeniu ze stanu zimnego, radar powinien być gotowy do pełnej eksploatacji w czasie 4 minut. Należy zapewnić stan gotowości (pogotowia), w którym urządzenie nie emituje promieniowania i z którego może być ono przełączone w pozycję „praca” w czasie 5 sekund.

Tab. 1. Wymagania dla urządzeń radarowych w zależności od typu i wielkości statku

Wymagania	Typ i wielkość statku		
	A	B	C
Minimalne wymiary ekranu wskaźnika	195x195 mm	270x270 mm	340x340 mm
Minimalna średnica obrazu radarowego	180mm	250mm	320mm
Automatyczna akwizycja ech radarowych	Nie dotyczy	Nie dotyczy	Tak
Minimalna liczba ech radarowych akwizowanych do śledzenia	20	30	40
Minimalna liczba uaktywnionych obiektów AIS	20	30	40
Minimalna liczba nie uaktywnionych obiektów AIS	100	150	200
Funkcja manewru próbnego	Nie dotyczy	Nie dotyczy	Tak

(A - statki o pojemności brutto mniejszej niż 500, B - statki o pojemności brutto 500 i większej, lecz mniejszej niż 10000 oraz HSC o pojemności brutto mniejszej niż 10000, C - wszystkie statki i HSC o pojemności brutto 10000 i większej; HSC - jednostka szybka (High Speed Craft) MSC192(79))

Radar powinien być wyposażony w licznik wskazujący łączny czas pracy każdego elementu składowego o ograniczonej żywotności (czasie pracy).

2.1 Możliwości wykrywcze

W normalnych warunkach propagacyjnych i przy braku zakłóceń od powierzchni wody i hydrometeorologicznych, radar statkowy, z anteną zainstalowaną na wysokości 15m npm., powinien umożliwić wykrycie charakterystycznych obiektów, zależnie od wykorzystywanego pasma częstotliwości pracy, w odległościach od anteny nie mniejszych niż określono w tabeli 2. Wymienione w tabeli 2 odległości wykrycia powinny być zapewnione przy następujących założeniach:

- echo od obiektu jest widoczne w czasie co najmniej ośmiu z dziesięciu kolejnych obrotów anteny,
- prawdopodobieństwo alarmu fałszywego wykrycia jest na poziomie 10^{-4} .

Dla anteny zainstalowanej na wysokości 15m npm., przy braku ruchu statku własnego i zakłóceń, pława nawigacyjna wymieniona w tabeli 2 powinna być wykrywana w zakresie odległości od pozycji anteny radarowej od 50 m do 1 Mm, bez zmiany ustawienia elementów sterowniczych innych niż przełącznik zakresu obserwacji.

Nowością jest żądanie, aby producent urządzenia wyjaśnił w instrukcji użytkownika zasady, cechy charakterystyczne i ograniczenia zastosowanego w radarze procesu obróbki sygnału wizyjnego oraz podać jak ograniczają odległość wykrycia:

- opady deszczu o natężeniu 4mm/h i 16mm/h,
- zakłócenia od powierzchni wody przy stanach morza 2 i 5 stopni,
- jednoczesne wystąpienie, w dowolnej kombinacji, wyżej wymienionych opadów deszczu i zakłóceń od powierzchni wody.

Radar pasma „X” powinien wykrywać sygnały transpondera ratowniczego SART (Search and Rescue Transponder) oraz pracujących w tym paśmie latarni radarowych i wzmacniaczy ech radarowych.

Tab. 2. Minimalne odległości wykrycia obiektów radarem przy braku zakłóceń

Opis obiektu odbijającego	Wysokość obiektu odbijającego ponad poziom morza [m]	Odległość wykrycia [Mm]	
		Pasma X	Pasma S
Linia brzegowa	do 3	6,0	6,0
Linia brzegowa	do 6	8,0	8,0
Linia brzegowa	do 60	20,0	20,0
Statek konwencyjny o pojemności brutto większej niż 5000	10	11,0	11,0
Statek konwencyjny o pojemności brutto większej niż 500	5,0	8,0	8,0
Mały statek o długości 10m z reflektorem radarowym spełniającym zalecenia IMO ¹	4,0	5,0	3,7
Pława nawigacyjna z reflektorem biernym ²	3,5	4,9	3,6
Typowa pława nawigacyjna bez reflektora ³	3,5	4,6	3,0
Mały statek o długości 10m bez reflektora radarowego ⁴	2,0	3,4	3,0

¹ Zgodnie ze znowelizowanymi zaleceniami IMO (Rezolucja MSC.164(98)), przyjęto równoważną powierzchnię odbicia - RCS (Radar Cross Section) reflektora radarowego równą: $7,5m^2$ dla pasma „X” i $0,5m^2$ dla pasma „S”;

² Przyjęto RCS reflektora biernego równe: $10,0m^2$ dla pasma „X” i $1m^2$ dla pasma „S”;

³ Przyjęto RCS pławy nawigacyjnej równe: $5,0m^2$ dla pasma „X” i $0,5m^2$ dla pasma „S”;

⁴ Przyjęto RCS małego statku o długości 10m równe: $2,5m^2$ dla pasma „X” i $1,4m^2$ dla pasma „S”.

3. RADAR DLA JEDNOSTEK NIE PODLEGAJĄCYCH WYMAGANIOM ROZDZIAŁU V KONWENCJI SOLAS IMO - WYMAGANIA DOTYCZĄCE DZIAŁANIA, METODY BADANIA I WYMAGANE WYNIKI BADAŃ

Wymagania dotyczące działania radaru przedstawione w tym rozdziale są zawarte w normie międzynarodowej IEC 62252. Statki nie podlegające konwencji, to głównie małe jednostki pomocnicze. Dla radarów instalowanych na nich przyjęto trzy klasy wymagań, które przedstawiają się następująco:

- radar (klasy A) przeznaczony dla jednostek handlowych o pojemności brutto mniejszej niż 150, w przypadku których nie istnieje obecnie wymóg konwencyjny (SOLAS) posiadania radaru, którego szerokość wiązki antenowej jest nie większa niż $4,0^\circ$, a minimalna efektywna średnica zobrazowania jest ograniczona do nie mniej niż 150 mm.
- radar (klasy B) przeznaczony na jednostki rekreacyjne i inne stosowane na morzu, którego szerokość wiązki antenowej jest nie większa niż $5,5^\circ$, a minimalna efektywna średnica zobrazowania jest ograniczona do nie mniej niż 85 mm.

- radar (klasy C) przeznaczony na małe jednostki rekreacyjne, którego szerokość wiązki antenowej jest nie większa niż $7,5^\circ$, a minimalna efektywna średnica zobrazowania jest ograniczona do nie mniej niż 75 mm.

3.1 Zasięg

Radar z anteną zainstalowaną na wysokości 7,5 m nad poziomem morza, dla co najmniej 8 z 10 skanowań antenowych powinien wykryć:

- Klasa A, brzeg wznoszący się na wysokość do 60 m, z odległości 9 mil morskich (5 mil morskich klasa B i C).
- Klasa A, brzeg wznoszący się na wysokość do 6 m, z odległości 5 mil morskich (3 mil morskich klasa B i C).
- Klasa A, reflektor radarowy o równoważnej powierzchni odbicia 400 m^2 zainstalowany na wysokości 7,5 m, z odległości 5 mil morskich (3 mil morskich klasa B i C).
- Klasa A, reflektor radarowy o równoważnej powierzchni odbicia 10 m^2 zainstalowany na wysokości 3,5 m, z odległości 2 mil morskich (1 mili morskiej klasa B i C).
- Klasa A, reflektor radarowy o równoważnej powierzchni odbicia 5 m^2 zainstalowany na wysokości 3,5 m, z odległości 1 mili morskiej (nie dotyczy klas B i C).

Zasięgi te powinny być możliwe do osiągnięcia, stosując trójkątny reflektor narożnikowy z obliczonym dla pasma X wymiarem boku „a” 201 mm, 225 mm i 570 mm, co odpowiada równoważnej powierzchni odbicia, odpowiednio 5 m^2 , 10 m^2 i 400 m^2 .

Stałe kręgi odległości i VRM powinny umożliwiać pomiar odległości do obiektu z błędem nie większym niż 1,5% wykorzystywanego zakresu lub 50 m, zależnie od tego, która z tych dwóch wartości jest większa.

EBL powinien umożliwiać określenie pozycji kątowej obiektu, którego echo pojawia się na krawędzi zobrazowania, z maksymalnym błędem nie większym niż $\pm 2^\circ$ dla klasy A i B (nie dotyczy klasy C).

Na zakresie 0,75 mili morskiej lub mniejszym i przy braku zakłóceń, urządzenie powinno być zdolne zobrazować jako oddzielne wskazania, dwa małe (10 m^2) obiekty znajdujące się w odległości wzajemnej nie większej niż 60 m dla klasy A (i klasy B) (75 m dla klasy C), oraz oddalone od siebie kątowo o nie więcej niż: $4,5^\circ$ dla klasy A (6° klasy B) (8° dla klasy C).

4. RADAR DLA MORSKICH JEDNOSTEK SZYBKICH (HSC)

Wymagania stawiane urządzeniom radarowym instalowanym na jednostkach szybki są zebrane w normie PN-EN 60936-2.

Spełnienie wymagań eksploatacyjnych jest sprawdzane dla warunków początkowych, kiedy antena radarowa jest zamontowana na wysokości 7,5 m nad poziomem morza i stanowią, że urządzenie powinno dawać wyraźne wskazanie obiektów na powierzchni, takich jak pława nawigacyjna z reflektorem radarowym o wysokości 3,5 m, mającym powierzchnię skuteczną około 10 m^2 , z odległości 2,5 mili morskiej przy braku zakłóceń hydro meteorologicznych.

Obiekty na powierzchni, powinny być wyraźnie zobrazowane dla zakresu odległości od minimalnej równej 35 m do odległości 1 mili morskiej, bez konieczności zmiany ustawień elementów sterowniczych z wyjątkiem przełącznika zakresu odległości.

Stałe kręgi odległości i ruchomy znacznik odległości powinny umożliwiać pomiar odległości do obiektu z błędem nie przekraczającym większej z dwóch wartości: 1 % maksymalnej odległości na używanej skali odległości lub 30 m.

Kierunek dziobu statku powinien być wskazany ciągłą linią na obrazie z maksymalnym błędem nie większym niż $\pm 1^\circ$. Grubość obrazowanej kreski kursowej mierzona przy maksymalnej odległości na krawędzi zobrazowania radarowego, kiedy obraz jest wyśrodkowany nie powinna być większa niż $0,5^\circ$. Powinno być możliwe szybkie otrzymanie namiaru dowolnego obiektu, którego echo ukazuje się na ekranie.

Zainstalowane urządzenie do otrzymywania namiaru powinno umożliwić zmierzenie namiaru obiektu, którego echo ukazuje się na krawędzi zobrazowania z błędem systemu radarowego, z wyłączeniem błędów czujników, nie większym niż $\pm 1^\circ$. Elektroniczna linia namiaru (EBL) powinna być ustawiona i dać odczyt numeryczny w ciągu 5 s.

Urządzenie powinno być zdolne zobrazować jako oddzielne wskazania, dwa obiekty o skutecznej powierzchni odbicia równej 10 m^2 , oddalone od siebie odległościowo o nie więcej niż 35 m i kątowno o nie więcej niż $2,5^\circ$ w radarach pasma X i 4° w radarach pasma S.

Prędkość obrotu anteny nie powinna być mniejsza niż 40 obr./min. Urządzenia powinny pracować zadowalająco przy względnych prędkościach wiatru do 100 węzłów.

Podczas badania parametrów technicznych antena radarowa powinna być zamontowana na wysokości około 7,5 m nad powierzchnią wody.

Jeżeli nie jest to inaczej określone, to powierzchnia skuteczna obiektów badawczych oraz odległości i wysokości obiektów użytych do określenia zgodności z wymaganiami technicznymi, powinny być odnoszone do obiektu punktowego o powierzchni skutecznej 10 m^2 przy danej częstotliwości, na wysokości 3,5 m i w odległości 2,5 mil morskich.

Pomiary odległości wykrycia powinny być prowadzone przy użyciu obiektu badawczego na spokojnym morzu (stan morza 0 lub 1).

Charakterystyka promieniowania poziomego w dużej odległości powinna być zgodna z tabelą 3 i 4, liczby odnoszą się tylko do jednokierunkowego rozchodzenia się.

Tab. 3. Główna wiązka

Moc w stosunku do maksimum głównej wiązki dB	Pozycja w stosunku do maksimum głównej wiązki (pasmo X) Stopnie	Pozycja w stosunku do maksimum głównej wiązki (pasmo S) Stopnie
-3	W granicach ± 1	W granicach $\pm 1,8$
-20	W granicach $\pm 2,5$	W granicach ± 5

Tab. 4. Skuteczne listki boczne

Położenie w stosunku do maksimum głównej wiązki Stopnie	Maksymalna moc w stosunku do maksimum głównej wiązki dB
W granicach ± 10	-23
Poza ± 10	-30

Szerokość listka głównego zależy od wykorzystywanego pasma, co jest związane z ograniczoną długością anteny, jaką można zainstalować na statku, natomiast tłumienie listków ma być zapewnione na tym samym poziomie niezależnie od wykorzystywanego pasma częstotliwości.

5. WYMAGANE PARAMETRY RADARU W ŻEGLUDZE ŚRÓDLĄDOWEJ

Odmienne warunki żeglugi są na rzekach, gdzie może być widoczny jedynie niewielki jej odcinek i nie jest tak istotne, jakim kursem płynie statek w stosunku do kierunku północy, ale jak jest zorientowany w stosunku do osi toru, lub brzegu. Statek płynący po rzekach może wypłynąć w morze, więc powinien mieć możliwość wykorzystania radaru na obu tych akwenach. Wymagania te ujęto w normie PN-ETSI EN 302 194-1 V1.1.2:2008.

5.1 Metoda testowania

Radar do badań powinien mieć antenę zainstalowaną na wysokości 7 m i pracować na zakresach do 1200 m przy optymalnym doborze parametrów i badany obiekt ma być widoczny:

W czasie 10 obrotów anteny echo reflektora o $\sigma = 1 \text{ m}^2$ w odległości 1 200 m ma być widoczne przynajmniej przez 8 obrotów.

Echo reflektora o $\sigma = 10 \text{ m}^2$ w odległości 1 200 m ma być widoczne w czasie wszystkich 10 obrotów.

Dla odległości od 15 do 1 200 m na wszystkich zakresach do 1 200 m, standardowe reflektory o $\sigma = 10 \text{ m}^2$ umieszczone 15 m za sobą na tym samym kierunku mają być wyraźnie widoczne jako osobne echa.

Wszystkie poniżej wymienione zakresy i odległości pomiędzy kręgami, oraz wskazania VRM mają być przełączane i wyświetlane z wymaganą dokładnością 5 m lub 1,5% zakresu, zależnie, która wartość jest większa.

Grubość znacznika kursu wyświetlanego ze środka ekranu na krawędzi ekranu nie może przekraczać $0,5^\circ$. Po korekcji błąd położenia kąтового ma nie przekraczać $0,5^\circ$.

Pomiar kierunku do dowolnego echa na ekranie ma być możliwy w czasie nie większym niż około 5 s, z błędem nie przekraczającym maksymalnie 1° .

Minimalne wymiary ekranu wynoszą 27 cm w wypadku ekranu okrągłego lub 27×27 cm w wypadku ekranu prostokątnego.

Wymagana rozdzielczość obrazu radarowego na zakresie 1 200 m ma wartość do 5 m, przy wymaganym wymiarze piksela nie większym niż 2,5 m na zakresie 1 200 m (średnicy 2 400 m). Tak, więc średnica ekranu kołowego ma mieć nie mniej niż 1 000 pikseli.

Do badań antena ma być instalowana na szczycie masztu na wysokości 5 m. W odległości 200 x długości apertury anteny ma być sprawdzana charakterystyka promieniowania, która ma mieć następujące parametry w płaszczyźnie poziomej:

- -3 dB listek ma szerokość max. $1,2^\circ$;
- -20 dB listek ma szerokość $3,0^\circ$;
- tłumienie listków bocznych w sektorze $\pm 10^\circ$ wokół kierunku głównego promieniowania wynosi przynajmniej 25 dB;

- tłumienie listków bocznych w sektorze $\pm 10^\circ$ wokół kierunku głównego promieniowania wynosi przynajmniej 32 dB.

W płaszczyźnie pionowej charakterystyka anteny ma mieć następujące parametry:

- -3 dB szerokość głównego listka promieniowania wynosi 30° ;
- maksymalny poziom promieniowania ma listek na osi poziomej wyznaczonej z pozycji zainstalowania anteny;
- tłumienie listków bocznych ma wynosić przynajmniej 25 dB.

Antena ma normalnie pracować do prędkości wiatru 100 km/h.

Prędkość obrotowa anteny ma wynosić nie mniej niż 24 obr./min, czyli jeden obrót o 360° ma trwać nie dłużej niż 2,5 s.

Wymagane czasy trwania impulsów sondujących i odpowiadające im szerokości pasma przenoszenia toru odbiorczego podano w tabeli 5.

Tab. 5. Parametry impulsu sondującego

	Czas trwania	Szerokość pasma przenoszenia
Krótki impuls	50 ns	255 MHz
Średni impuls	200 ns	127 MHz
Długi impuls	500 ns	81 MHz

W tym wypadku szerokość pasma jest definiowana na poziomie tłumienia – 40 dB.

6. PODSUMOWANIE

Warunki prowadzenia nawigacji, zdolności manewrowe i możliwości obserwacji na różnych jednostkach różnią się od siebie, dlatego wymagania stawiane urządzeniom radarowym instalowanym na nich są różne. W poniższych tabelach zebrano wymagane wartości poszczególnych parametrów dla radarów instalowanych na statkach konwencyjnych, jednostkach morskich nie podlegających wymaganiom konwencji SOLAS, statkach żeglugi śródlądowej oraz na jednostkach szybkich (HSC). Nie wszystkie parametry są narzucane dla każdego urządzenia i nie wszystkie warunki są takie same, dlatego w tabelach występują puste pola. Oznaczają one, że dany parametr nie został zdefiniowany w przypadku radarów przeznaczonych do instalacji na danym typie jednostek pływających.

Tab. 6. Zasięg wykrywania w milach

	Konwencja $H_a = 15\text{m}$	Niekonw. $H_a = 7,5\text{m}$	Śródlądowe	HSC $H_a = 7,5\text{m}$
Brzeg 60 m	20 Mm	7 Mm (5 Mm BC)	---	---
Brzeg 6m	7 Mm	5 Mm (3 Mm BC)	---	---
Statek 5000	7 Mm	---	---	---
Statek 10m	3 Mm	---	---	---
Pława $\sigma=10\text{m}^2$ $h=3,5\text{m}$	2 Mm	---	---	---
$\sigma = 400 \text{ m}^2$ $h=7,5 \text{ m}$	---	5 Mm (A) 3Mm (B, C)	---	---
$\sigma = 10 \text{ m}^2$ $h=3,5 \text{ m}$	---	2 Mm (A) 1Mm (B, C)	---	2,5 mili
$\sigma = 5 \text{ m}^2$ $h=3,5 \text{ m}$,	---	1 Mm (A)	---	---

(---) –Brak wymagań

Jak z powyższej tabeli wynika, nie ustalono zasięgu wykrywania obiektów przez urządzenia stosowane w żegludze śródlądowej, ponieważ jest on zwykle ograniczony konfiguracją brzegów rzeki. Inne są wysokości anten i inne obiekty, które mają wykrywać radary dla statków konwencyjnych i pozostałych.

Tab. 7. Minimalny zasięg wykrycia dla anteny zainstalowanej na wysokości H i obiektów o RSC σ

	Konwencja	Niekonw.	Śródlądowe	HSC
$H=15 \text{ m}$ $\sigma = 10 \text{ m}^2$	50m	---	35m	35 m
$H=3,5 \text{ m}$ $\sigma = 10 \text{ m}^2$	---	50 m A 60 m B 75 m C	---	---

Nie zdefiniowano wysokości instalacji anten dla jednostek w żegludze śródlądowej i szybkich. Minimalny zasięg wykrywania jest zwykle wymagany od 50 m, jedynie na szybkich jednostkach radar powinien już pokazywać echa od 35 m.

Tab. 8. Wielkość ekranu wskaźnika radarowego

	Konwencja	Niekonw.	Śródlądowe	HSC
150 RT do 1000 RT	180 mm	---	270 mm lub 270x270	---
1 000 RT do 10000 RT	250 mm	---	---	---
10 000 RT i więcej	340 mm	---	---	---
Klasa A	---	150 mm	---	---
Klasa B	---	85 mm	---	---
klasa C	---	75 mm	---	---

Średnica ekranu radarowego ma być tym większa im większy jest statek, na którym urządzenie jest instalowane. W żegludze śródlądowej dopuszcza się kwadratowy ekran radarowy.

Tab. 9. Dokładność pomiar odległości i kierunku

	Konwencja	Niekonw.	Śródlądowe	HSC
Kręgi stałe	1 % lub 30 m.	1,5% lub 50m		1 % lub 30m.
Krąg ruchomy	1 % lub 30 m.	1,5% lub 50m	1,5%	1 % lub 30m.
Kierunek	do $\pm 1^\circ$.	$\pm 2^\circ$	$\pm 1^\circ$	---
Grubość kreski	0,5°,	$\pm 1^\circ$ A i B 2° C	$\pm 1^\circ$	$\pm 1^\circ$

Pomiar odległości i kierunku mają umożliwiać urządzenia radarowe na statkach konwencyjnych i HSC z większą dokładnością niż na małych jednostkach i w żegludze śródlądowej.

Tab. 10. Rozróżnialność odległościowa i kątowa

	Konwencja	Niekonw. (0,75 Mm)	Śródlądowe	HSC
1,5 mili i $\sigma = 10 \text{ m}^2$	40 m i 2,5°.	60 m A i B 75 m C 4,5° A 6° B 8° C	15m 75m	35m i 2,5° (X) i 4° (S).
Stabilizacja azymutu	0,5°	---	---	---

Rozróżnialność ech dla urządzeń na małe jednostki może być gorsza niż dla pozostałych, natomiast dla żeglugi śródlądowej ważna jest wysoka rozróżnialność odległościowa.

Tab. 11. Parametry anteny

	Konwencja	Niekonw. A	Niekonw. B, C	Śródlądowe	HSC
Prędkość	20 obr/min do 100 węzłów	20 obr/min do 60 węzłów	20 obr/min do 60 węzłów	24 obr/min	40 obr/min Do 100w
listki boczne W granicach $\pm 10^\circ$	-23 dB	-20 dB	-18 dB	-25 dB	-23 dB
Poza $\pm 10^\circ$	- 30 dB	-23 dB	-19 dB	-32 dB	-30 dB
Moc w stosunku do maksimum głównej wiązki -3 dB	$\pm 1^\circ$ (X) $\pm 1,8^\circ$ (S)	4,0° (X) A 5,5° (X) B 7,5° (X) C 4,0° (S)	---	1,2°	$\pm 1^\circ$ (X) $\pm 1,8^\circ$ (S)
-20 dB	$\pm 2,5^\circ$ (X) $\pm 5^\circ$ (S)	---	---	---	$\pm 2,5^\circ$ (X) $\pm 5^\circ$ (S)

Wymagane prędkości obrotowe anten są różne dla poszczególnych rodzaj żeglugi, a parametry charakterystyki promieniowania radarów dla małych jednostek mogą być gorsze, co łączy się z mniejszymi wymiarami anten.

7. WNIOSKI

Jak z powyższych tabel wynika różne parametry radarów są wymagane dla różnych jednostek morskich. Wyposażenie radiolokacyjne statku handlowego ma lepsze parametry niż małych jednostek. Również możliwości obserwacji z pokładu małego statku są ograniczone. Należy zdawać sobie sprawę z tych ograniczeń.

Nie wszystkie parametry dla poszczególnych radarów statkowych zostały sprecyzowane.

4. BIBLIOGRAFIA

- [1] IEC. 60936-1. Urządzenia i systemy nawigacji i radiokomunikacji morskiej - Radary - Część 1: Radar okrętowy - Wymagania dotyczące działania - Metody badania i wymagane wyniki badań.
- [2] IEC.60936-2 - Urządzenia i systemy nawigacji i radiokomunikacji morskiej - Radary - Część 2: Radar okrętowy dla statków szybkich (HSC) - Metody badania i wymagane wyniki badań.
- [3] IEC 60936-3 - Urządzenia i systemy nawigacji i radiokomunikacji morskiej - Radar - Część 3: Radar wyposażony w mapy - Wymagania dotyczące działania - Metody badania i wymagane wyniki badań.
- [4] IEC 60936-5 - Urządzenia i systemy nawigacji i radiokomunikacji morskiej - Radar - Część 5: Wskazówki na temat stosowania i zobrazowania informacji AIS w radarze.

- [5] IEC.62252 - Urządzenia i systemy nawigacji i radiokomunikacji morskiej - Radar dla jednostek nie podlegających wymaganiom rozdziału V Konwencji SOLAS IMO - Wymagania dotyczące działania, metody badania i wymagane wyniki badań.
- [6] IEC 60872-1, Urządzenia i systemy nawigacji i radiokomunikacji morskiej - Nakresy radarowe - Część 1: Radar z automatycznym śledzeniem ech (ARPA) - Metody badania i wymagane wyniki badań.
- [7] IEC 60872-2, Urządzenia i systemy nawigacji i radiokomunikacji morskiej - Nakresy radarowe - Część 2: Automatyczne pomoce nakresowe (ATA) - Metody badania i wymagane wyniki badań.
- [8] IEC 60872-3, Urządzenia i systemy nawigacji i radiokomunikacji morskiej - Nakresy radarowe - Część 3: Elektroniczne pomoce nakresowe (EPA) - Metody badania i wymagane wyniki badań. M.1313-1 (05/00) – Parametry techniczne morskich radarów nawigacyjnych, ITU 2000.
- [9] M.1177-3 (06/03) – Technika pomiarów pola mikrofalowego systemów radarowych. ITU, 2006.
- [10] MSC.192(79) Adoption of the Revised Performance Standards for Radar Equipment, IMO, 2008