

Wiesław GALOR

WYBRANE PROBLEMY OPTYMALNEJ LOKALIZACJI STACJI RADAROWYCH W SYSTEMIE NADZORU RUCHU STATKÓW (VTS)

Streszczenie

Stacje radarowe są podstawowym elementem systemów nadzoru i regulacji ruchu statków (VTS) do monitorowania i kierowania ruchem statków na akwenach portowych. Informacja o pozycjach statków na takich akwenach pozwala na poprawę bezpieczeństwa nawigacji w aspekcie zapobiegania zderzeniom. Jednak porty charakteryzują się gęstą zabudową ograniczającą radarowe wykrywanie i śledzenie ech. W artykule przedstawiono analizę problemów związanych z radarową kontrolą ruchu statków na akwenach portowych. Rozpatrzono kryterium oceny lokalizacji stacji radarowych w aspekcie ich optymalnej lokalizacji w celu uzyskania informacji o ruchu statków.

WSTĘP

Podstawowym celem tworzenia systemów kierowania i zarządzania ruchem statków jest poprawa poziomu bezpieczeństwa żeglugi morskiej oraz śródlądowej. Dotyczy to szczególnie bezpieczeństwa nawigacji na akwenach ograniczonych, które głównie dotyczą akwenów portowych [3]. Rozwiązania stosowane w dotychczasowych systemach VTS potwierdzają trafność przyjmowanych rozwiązań oraz ich dalszy rozwój. W większości poza poprawą poziomu bezpieczeństwa, uzyskano wzrost płynności ruchu statków, a więc znaczne korzyści finansowe wynikające z szybkiej obsługi statków przez port. Niewątpliwie administracje lokalne odpowiedzialne za ochronę środowiska morskiego oraz przyległych obszarów brzegowych zwracają szczególną uwagę na wprowadzanie tego typu systemów, ponieważ przy znacznym wzroście wielkości statków i intensywnego ruchu, rośnie zagrożenie środowiska wynikające z różnego rodzaju wypadków morskich. Zasady sterowania ruchem statków w systemach VTS są zgodne z celami realizowanymi w ramach zarządzania ruchem. W rezolucji IMO A.857(20) [4], przedstawiono cele stawiane systemom VTS w następujący sposób „Celem systemu sterowania ruchem statku VTS jest poprawa bezpieczeństwa i sprawności nawigacji, bezpieczeństwa życia na morzu oraz ochrona środowiska morskiego i przyległych obszarów brzegowych, siedzib pracy i instalacji przybrzeżnych od niekorzystnych skutków ruchu statków.

Organizacja systemu VTS, spełniającego zadania określone przez lokalną administrację morską, wymaga przygotowania właściwego personelu, wyposażenia technicznego oraz stosowanych procedur postępowania. Przedstawione elementy struktury VTS są zdeterminowane szczególnymi własnościami danego obszaru, a zwłaszcza jego

ukształtowania i powiązania z zapleczem lądowym. Bardzo ważnym elementem jest natężenie ruchu statków, wielkość oraz struktura ładunków.

Do prawidłowego działania złożonego systemu sterowania ruchem statków niezbędne jest wyposażenie techniczne. Standardowy system VTS tworzy sieć urządzeń [5] wykorzystywanych do przeprowadzenia kontroli ruchu statków, do których można zaliczyć:

- urządzenia radarowe i ARPA – stanowią główne źródło pozyskiwania informacji o pozycjach i ruchu statków na obszarze objętym nadzorem [1],
- radionamierniki – pozwalające na identyfikację statków,
- kamery telewizji przemysłowej – wykorzystywane do kontroli ruchu statków, w rejonach nie pozwalających na prowadzenie prawidłowej kontroli radarowej oraz identyfikację jednostek [8],
- mapy elektroniczne – wykorzystywane wspólnie z monitorami systemów

1. SYSTEMY NADZORU RUCHU STATKÓW

Tworzenie systemów nadzoru ruchu statków VTS na obszarach ograniczonych takich jak porty, nie jest proste do zrealizowania. Port obejmuje obszary wodne, na których statki o dużych gabarytach poruszają się po akwenach o relatywnie małych wymiarach. Każdy port posiada swoją własną charakterystykę i układ przestrzenny, i dlatego też każdy nowy system wymaga osobnego rozpatrzenia i zastosowania innych rozwiązań technicznych, co powoduje że tworzenie systemu portowego jest bardzo pracochłonne. Wymaga to rozpatrzenia różnych możliwości i zmusza do przeprowadzania wielu obliczeń analitycznych, badań rzeczywistych i symulacyjnych [9]. Podstawowym źródłem informacji o sytuacji ruchu statków na akwenach portu są brzegowe stacje radarowe. Podstawowym warunkiem niezbędnym dla prowadzenia radarowego w systemie VTS jest możliwość wykrycia obiektu za pomocą radaru, a następnie jego rozróżnienie na tle ech od obiektów stałych, innych jednostek oraz zakłóceń. Jeżeli te warunki nie są spełnione, to informacje o ruchu jednostek będą niewystarczające dla poprawnego funkcjonowania systemu. Na możliwość poprawnego wykrycia i rozróżnienia obiektu manewrującego w porcie składa się szereg elementów. Największym problemem dla systemów portowych opartych na technologiach radarowych jest wykrywanie obiektów. Wszystkie radary używane w centrach VTS, muszą spełniać określone międzynarodowe normy i posiadać określone możliwości:

- wykrycia obiektów określonych rozmiarów (skuteczna powierzchnia odbicia, wysokość obiektu powyżej poziomu wody,
- wykrywania obiektów wewnątrz nadzorowanego przez VTS obszaru (minimalny i maksymalny zasięg),
- wykrycia i prowadzenia obserwacji obiektów w określonych warunkach hydrometeorologicznych (śnieg, deszcz),
- zapewnienie odpowiedniej dokładności pomiaru poszczególnych parametrów poruszających się statków,
- śledzenie zarówno obiektów pływających jak i kontrola znaków nawigacyjnych lub statków zakotwiczonych.

Radar jest głównym źródłem wykrywania statków w systemach VTS. Pomimo instalacji tych urządzeń na lądzie, podczas prowadzenia obserwacji obraz radarowy jest obciążony tymi samymi ograniczeniami: wykrywalności, rozróżnialności odległościowej i kątowej, jakie występują w radarach instalowanych na statkach. Wprawdzie zastosowanie większych anten, radarów o lepszych parametrach technicznych oraz stałe położenie stacji radarowej częściowo niwelują wymienione ograniczenia. Z optymalną lokalizacją brzegowych stacji radarowych na obszarach portów związanych jest kilka problemów. Możliwie najlepsze umiejscowienie stacji radarowych powinno zagwarantować ciągłość wykrywania ech jednostek pływających, poruszających się po kanałach i basenach portowych oraz ich identyfikację spośród ech od

innych obiektów. W realizowaniu ciągłości wykrywania, przeszkodę stanowią przesłonięcia. Na obszarach portowych można wyszczególnić następujące przyczyny przesłonięć:

- budynki, takie jak magazyny portowe, elewatory, biurowce,
 - infrastruktura przeładunkowa,
 - elementy środowiska naturalnego (drzewa, krzewy),
- w danym miejscu i czasie zacumowane statki (czynnik zmienny).

2. PRZESŁONIĘCIA I CIENIE RADAROWE

Każda z budowli na obszarze portu powodować może przesłonięcia i powstawanie sektorów cienia, co będzie utrudniać obserwacje radarowe na akwenie. Ogólnie można stwierdzić, że za obiekt powodujący powstawanie stref cienia, uważa się taki, którego pozycja znajduje się na torze antena – obiekt mający być wykryty. Obiekt przesłaniający można scharakteryzować trzema podstawowymi cechami:

- usytuowanie obiektu,
- rozmiary obiektu,
- konstrukcja obiektu.

Rozpatrując pozycję obiektu, należy określić, czy leży ona na trasie wysłanych impulsów sondujących z anteny do pożądanego obiektu. Akwen portu obejmuje tory wodne, kanały i baseny portowe nad którymi znajdują się budynki, magazyny, urządzenia przeładunkowe [3] Są one usytuowane w różny sposób względem położenia anteny. Jeśli któryś z tych obiektów znajduje się pomiędzy anteną a basenem portowym czy kanałem zwiększa się prawdopodobieństwo, że będzie on utrudniał śledzenie ruchu jednostek poruszających się tą trasą. Rozmiary obiektu decydują o powstaniu półcienia, lub cienia radarowego, oraz o jego rozmiarach. Rozmiary obiektu przesłaniającego, ściśle związane są z rozmiarami statków poruszających się wzdłuż tych obiektów. Jeżeli suma wysokości nabrzeża i wysokości budynku przewyższają wysokość części nadwodnej statku, to należy liczyć się z tym, że statek znajdzie się w sektorze przesłoniętym i może nie zostać wykryty. Natomiast, gdy suma wysokości nabrzeża i budynku jest mniejsza, a ponad budynek wystają elementy konstrukcyjne statku dobrze odbijające mikrofałe, to należy spodziewać się, że statek zostanie wykryty na ekranie radaru. Ważnym elementem jest także konstrukcja budowli. Jeżeli mamy do czynienia z konstrukcją ażurową to należy spodziewać się, że sondujące impulsy wykryją statek mimo, że część ich zostanie rozproszona na konstrukcji obiektu. Jeżeli jednak obiekt ten zbudowany jest z materiału dobrze odbijającego mikrofałe, to tworzyć on będzie przesłonięcia na terenie portu.

Identyfikacja ech jest procesem rozpoznawania ech, określania ich tożsamości (względem mapy i otoczenia) oraz parametrów odpowiadającym ich obiektów. Ma ona zasadnicze znaczenie we wszystkich zastosowaniach radaru, chociaż w różnych sytuacjach celem identyfikacji może być określenie różnych parametrów obiektu. Największym problemem dla systemów portowych opartych na technologiach radarowych, jest wykrywanie obiektów. Najważniejszymi obiektami odbijającymi fale radarowe, i utrudniającymi tym samym obserwację akwenów znajdujących się w ich granicach są:

- budynki wchodzące w skład infrastruktury portowej, tj. magazyny, silosy, elewatory, budynki administracji portowej oraz wszystkie te, które znajdują się w bezpośrednim sąsiedztwie portu,
- wyspy znajdujące się na terenie portu, zwłaszcza te ze wzniesieniami i porośnięte wysokimi drzewami. Roślinność stanowi znaczną barierę dla mikrofal zwłaszcza wiosną i latem w czasie wegetacji,
- urządzenia przeładunkowe (dźwignice, żurawie, taśmociągi, suwnice bramowe itp.). Ich wpływ na powstawanie cieni jest mniejszy niż elementów wymienionych powyżej, ponieważ często są to konstrukcje ażurowe, ale nie można ich pominąć.

- układ budowli hydrotechnicznych portu, czyli układ basenów, kanałów i wysokość nabrzeży może spowodować powstawanie cieni, w których jednostki niskie lub o małej powierzchni odbicia mogą i nie zostać wykryte,
- duże jednostki, które swoją powierzchnią zasłaniają obszar znajdujący się za nimi.

3. WPŁYW WYSOKOŚCI ANTENY NA PRZESŁONIĘCIA I CIENIE RADAROWE

Każdy cień radarowy bez względu na obiekt go tworzący, charakteryzuje się obszarem, przesłonięcia oraz wysokości, do której cień sięga. Podczas obserwacji portu należy pamiętać o tym, że obraz radarowy akwenu nie przedstawia sytuacji na poziomie, lecz powyżej, i często ta odległość od lustra może wynosić kilkanaście i więcej metrów. Zjawisko to będzie miało wpływ na obraz radarowy akwenu. Zależać to będzie od odległości, w jakiej od brzegu kanału znajdować się będą obiekty mogące odbić promieniowanie radarowe oraz ich wysokość w stosunku do obiektów na bliższym brzegu. Może dochodzić do sytuacji, której obiekty na bliższym brzegu będą tworzyły cień, który swoją wysokością i szerokością pokryje obiekty na dalszym brzegu na radarze kanał będzie się wydawało, że nie ma dalszego brzegu.

Ze względu na problemy wykrywania na małych odległościach, nie w każdym przypadku jak najwyższe umiejscowienie anteny jest korzystne. Nie zawsze też jest to praktycznie wykonalne w pozycji potencjalnie najkorzystniejszej, określonej na podstawie analizy optycznej. Istotnym czynnikiem w przypadku anteny wysoko zainstalowanej w niewielkiej odległości od kanału portowego, może być strefa martwa, której wielkość można określić się z następującej zależności [6]:

$$S_M = h_a \cdot ctg\Theta \quad (1)$$

gdzie:

S_M – strefa martwa

h_a – wysokość anteny

Θ – wymiar pionowy charakterystyki promieniowania anteny

Dla wybranej pozycji i wysokości anteny radarowej oraz danej przeszkody powodującej przesłonięcie, można opracować odpowiedni model, który posłuży do obliczenia powierzchni przesłoniętej przez daną przeszkodę i wysokości przesłonięcia pionowego na obszarze basenu lub kanału portowego. Przyjmując jako przeszkodę budynek portowy o rzucie prostokątnym, ustawionym pod określonym kątem do kierunku rozchodzenia się wiązki promieniowania, opracowano model przesłonięcia uwzględniający pozycję i wysokość zainstalowania anteny radarowej, położenie i wymiary budynku oraz parametry elementu akwenu portowego. Dla takich założenia obliczono przesłonięcia w płaszczyźnie pionowej (głębokość przesłonięcia i płaszczyźnie poziomej według poniższych zależności:.

$$PC = (AP \cdot hp) / (ha - hp) \quad (2)$$

gdzie:

PC – głębokość przesłonięcia

ha – wysokość anteny

hp – uśredniona wysokość przeszkody

AP – odległość anteny do przeszkody

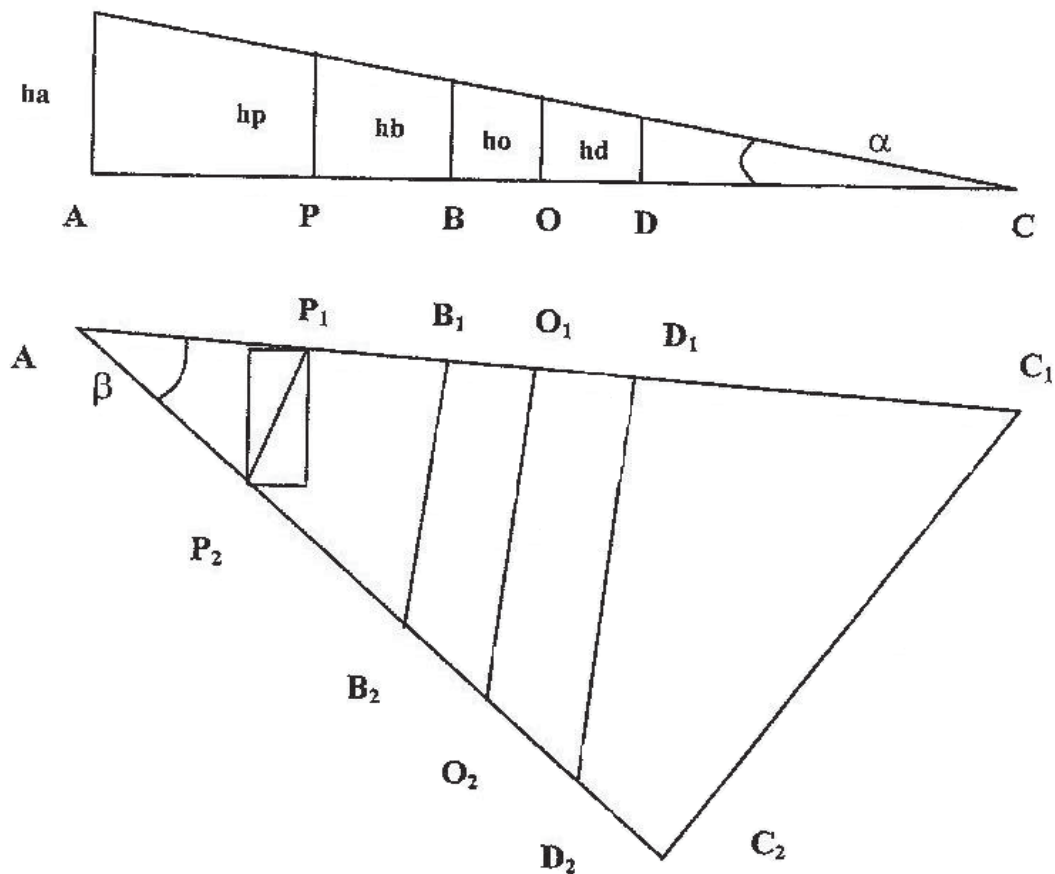
Natomiast pole powierzchni przesłoniętej akwenu portowego można określić odpowiednią metodą analityczną (np. wykorzystując wzór Herona-[6])jako:

$$S_{AP} = \frac{\sqrt{p(p - B_1B_2)(p - AB_1)(p - AB_2)} \times (AD_1 \times AD_2 - AB_1 \times AB_2)}{AB_1 \times AB_2} \quad (3)$$

gdzie:

S_{AP} – pole powierzchni części akwenu portowego przesłoniętej daną przeszkodą
 p – połowa obwodu pola powierzchni między anteną a bliższą krawędzią akwenu
 AB – odległość od anteny do bliższej krawędzi toru wodnego,
 AO – odległość od anteny do środka kanału portowego lub osi toru wodnego,
 AD – odległość od anteny do dalszej krawędzi toru wodnego

Rys .1. przedstawia rozkład pionowego i poziomego cienia radarowego za przeszkodą.



Rys. 1. Schemat pionowego i poziomego rozkładu cienia radarowego za budynkiem.

Źródło: [3]

Dla wybranej pozycji i wysokości anteny radarowej można określić współczynnik przesłonięcia powierzchni danego akwenu portowego od wszystkich obiektów przesłaniających:

$$w_p = \frac{\sum S_i}{S_C} \quad (4)$$

gdzie:

S_i – pole powierzchni i-tego przesłonięcia (wg. zależności 3)
 S_C – pole powierzchni danego akwenu portowego

Można też określić współczynnik przesłonięcia dla całego portu, dla lokalizacji kilku stacji radarowych. Nie należy jednak przy tym uwzględniać powierzchni jako przesłoniętej, jeśli ze względu na lokalizację danego radaru będzie zapewnione wykrywanie na akwenu przesłoniętym dla innej stacji radarowej.

4. PRBLEMY OPTYMALIZACJI LOKALIZACJI STACJI RADAROWYCH

Optymalizacja lokalizacji stacji radarowych w systemach VTS polega na takiej lokalizacji stacji radarowych, aby powierzchnia śledzenia (S_S) była jak najbliżej zbliżona powierzchni całkowitej badanego akwenu (S_C). Powierzchnia śledzenia zależy od przesłoneń spowodowanych przeszkodami na rozpatrywanym obszarze portu i jest dopełnieniem do sumy powierzchni przesłoneń (S_P) od poszczególnych obiektów do całkowitej powierzchni śledzonego akwenu.

Należy także wspomnieć o ograniczeniach w śledzeniu spowodowanych rozróżnialnością radaru (kątową i promieniową). Jednak w prezentowanym referacie wpływ tych czynników nie jest rozpatrywany. Planowany jest referat uwzględniający te czynniki.

Dąży się do jak największej powierzchni śledzenia przy minimalnej liczbie nowo budowanych stacji radarowych. Uzyskanie warunku $S_S = S_C$ oznaczałoby system idealny, czyli taki w którym nie ma cieni radarowych. Przesłoneń od obiektów można by uniknąć, instalując większą liczbę stacji radarowych w różnych punktach, tak aby swoim zasięgiem obejmowały cały obszar śledzenia. Jest to teoretycznie wykonalne, lecz trzeba do realizacji tego celu zlokalizować wystarczająco dużą liczbę stacji radarowych. Brane są tu pod uwagę przede wszystkim względy ekonomiczne, ale także inne, jak: własności terenu, na których by miały powstać stacje, możliwości techniczne podłączenia do sieci zasilającej, przesyłania informacji do centrów operacyjnych itd. w celu ich prawidłowego funkcjonowania.

Aby optymalnie zlokalizować stacje radarowe, funkcję celu można zapisać jako:

$$S_C = S_P \rightarrow \min \quad (5)$$

przy ograniczeniach: skończona liczba stacji radarowych, ograniczona możliwość lokalizacji (np. tylko na lądzie)

gdzie:

S_C – pole powierzchni badanego akwenu

S_P – pole powierzchni przesłoniętej przez przeszkody,

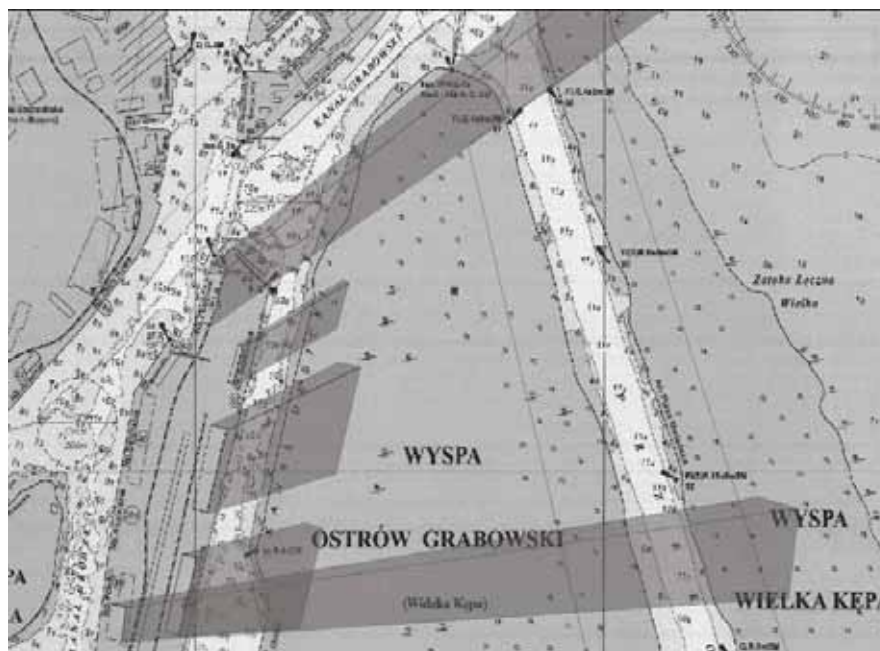
Podjęto badania [7] mające na celu optymalizację lokalizacji stacji radarowych na akwenu portu Szczecin. W porcie Szczecin występuje gęsta zabudowa portowa przesłaniająca akwenu portowe, a tym samym ograniczając śledzenie obiektów poruszających się w porcie. Znajdują się również obszary z wysokimi drzewami, które mogą przesłaniać lustro wody. Wszystkie te aspekty spowodowały, że na terenie portu nie ma jeszcze całkowitego pokrycia radarowego systemem VTS, a występuje tylko na torze wodnym Szczecin-Świnoujście.

W sytuacji, gdy na drodze pomiędzy anteną radaru a obiektem śledzonym znajdzie się pewien obiekt stały o wysokości większej niż obiekt śledzony, wówczas obiekt śledzony może się znaleźć w sektorze przesłonięcia radarowego tworzonego przez obiekt stały i spowodować utratę jego echa z ekranu. Ponieważ port Szczecin jest portem, po którym porusza się wiele barek i mniejszych jednostek, których wysokość jest mniejsza od statków morskich, nawet niewielki budynek może przesłonić echo jednostki i spowodować przerwanie śledzenia.

Po wstępnej analizie obszaru portu wybrano następujące lokalizacje pod przyszłą budowę stacji radarowych [7]:

- pomost radarowy Akademii Morskiej (AM) w Szczecinie,
- na elewatorze Ewa ,
- przy Nabrzeżu Zabrzezańskim,
- na dachu Chłodni Szczecińskiej.

Dla wszystkich lokalizacji dokonano obliczeń parametrów, które mogą stanowić podstawę do oceny lokalizacji, która z rozważanych lokalizacji stacji będzie najkorzystniejsza. Rys.2 przedstawia przykład graficznego zobrazowania przesłoneń dla lokalizacji stacji radarowej na pomoście Akademii Morskiej w Szczecinie.



Rys. 2. Przesłonecia spowodowane przez obiekty zabudowy portowej w Porcie Szczecin przy lokalizacji stacji radarowej na pomoście radarowym Akademii Morskiej w Szczecinie

Źródło: [3]

PODSUMOWANIE

W trakcie dokonywania wyboru miejsc pod przyszłą lokalizację brzegowych stacji radarowych dla systemów VTS, należy brać pod uwagę i dokonać analizy wpływu następujących czynników:

- zapewnienie możliwie maksymalnego pokrycia radarowego akwenu przy możliwie najmniejszej liczbie stacji brzegowych,
- zapewnienie wysokiego prawdopodobieństwa wykrycia obiektów nawodnych w różnych warunkach pogodowych,
- minimalizację stref martwych,
- ciągłość obserwacji wykrytych obiektów,
- istniejącą zabudowę umożliwiającą instalację tych urządzeń radarowych.

Wpływ na te czynniki ma przede wszystkim odpowiednia lokalizacja stacji radarowej na akwenu portu.

Przedstawione w referacie rozważania dotyczą problemów lokalizacji stacji radarowych w aspekcie przesłoneń przez obiekty na obszarze portu. Prowadzone są dalsze prace w tym zakresie w celu uwzględnienia dodatkowych czynników wpływających na efektywność śledzenia jednostek przez systemy VTS.

BIBLIOGRAFIA

1. Bole A.G., Dineley W.O.: Radar and ARPA manual, Butterworth, Heinemann, Oxford 1992.
2. Galor W., Bezpieczeństwo żeglugi na akwenach ograniczonych budowlami hydrotechnicznymi, Fundacja Rozwoju Wyższej Szkoły Morskiej, Szczecin 2002.
3. Galor W., Założenia modelu oceny bezpieczeństwa nawigacji na akwenach ograniczonych budowlami hydrotechnicznymi. Zeszyty Naukowe Nr 65 Wyższej Szkoły Morskiej w Szczecinie, 2002.
4. Guidelines for VTS, IMO Resolution A.857.(20), London, 1997.
5. Jagniszczak I.: Systemy sterowania i zarządzania ruchem statków, Wyższa Szkoła Morska, Szczecin 2001.
6. Malski D.: Analiza akwenu portu Szczecin w aspekcie wprowadzenia systemu VTS. X Międzynarodowa Konferencja Naukowo- Techniczna „ Inżynieria Ruchu Morskiego, Szczecin 2003.
7. Słotwinski P., Optymalizacja lokalizacji stacji radarowych w systemach VTS. Akademia Morska w Szczecinie. Dypl. praca mgr. Szczecin, 2009.
8. Wolski A. Lokalizacja stacji radarowej na terenie portu Szczecin z uwzględnieniem możliwości zastosowania telewizji przemysłowej do obserwacji toru wodnego, WSM, Szczecin 1982.
9. The study of radar shadowing effect of radar station sites conception for VTMS Świnoujście-Szczecin. Praca naukowo-badawcza, Wyższa Szkoła Morska, Szczecin, 1997.

SAME PROBLEMS OF OPTIMIZATION OF RADAR STATION LOCATION IN VTS SYSTEM

Abstract

The radar stations are basic elements of vessel traffic systems in monitoring and managing of ships traffic on port water area. The information about positions of ships on such areas permits to improve of navigational safety in aspect of avoid the collision. Generally, the port water area is characterized by dense port structures caused restrictions in radar detection and tracking of targets. The paper presents an analysis of problems connected with radars control of ships movement on port water areas. The criterion of assessment of optimal radar stations location in aspect to achieve of ships movement information is analyzed.

Autorzy:

Wiesław Galor- Akademia Morska w Szczecinie