

THE OVERTAKING OF SHIPS IN RESTRICTED AREAS

WYPRZEDZANIE STATKÓW NA AKWENACH OGRANICZONYCH

Piotr Lizakowski

Gdynia Maritime University
Akademia Morska Gdynia
81-345 Gdynia ul. Aleja Jana Pawła II 3

e-mail: piotrliz@poczta.onet.pl

Abstract. There are many close quarter situations at sea, especially in narrow channels. The problem of overtaking on fairways is a complex issue. Navigation, when carried out in such areas causes reduce of a vessel's safety level, it is necessary to consider limits: ship's particulars, fairway's parameters, human factor, vessel traffic. If these factors are not considered during overtaking, it will cause ship out of fairway or collision. The article will contain the results of researches for overtaking manoeuvre on a traffic lane. These research was performed on training models to appoint safe distance for commence overtaking.

Keywords: overtaking distance, collision, decision-making process

Streszczenie. Nawigacja na obszarach ograniczonych wymaga prawidłowej interpretacji i oceny bezpieczeństwa statku w trakcie jej realizacji. Nawigacja prowadzona na tych akwenach wiąże się z obniżeniem poziomu bezpieczeństwa, konieczne jest uwzględnienie ograniczeń: wymiary statku, parametry toru, czynnik ludzki, ruch statków. Nieuwzględnienie tych ograniczeń podczas wyprzedzania, może doprowadzić do wyjścia statku poza tor wodny lub kolizję. Artykuł zawiera wyniki badań manewru wyprzedzania na torze wodnym. Badania przeprowadzono na modelach redukcyjnych by wyznaczyć bezpieczną odległość wyprzedzania.

Słowa kluczowe: odległość wyprzedzania, kolizja, proces decyzyjny

THE OVERTAKING OF SHIPS IN RESTRICTED AREAS

1. Introduction

Navigation when carried out in such areas causes a reduction in the vessel's safety level. The navigator, watch officer should take into consideration the factors which have influence on it. These limits are: ship's particulars and her manoeuvring characteristics, fairway's parameters: depth, breadth, hydro-meteorological conditions, direction and speed of the wind, currents, waves, vessel traffic in the examined area and visibility. If these factors are not considered by navigators in narrow waters, it will lead to the hazard of transport safety, as well as the risk of the ship getting out of the fairway and as a consequence, the possibility of running aground. Nowadays aids of navigation systems are used. ARPA (Automatic Radar Plotting Aid) is a universally used system whose aim is to plan and assess anticollision manoeuvres. However, when the distance between two vessels is about a few of own vessel's lengths (for larger ships 2000 – 3000 meters), the watch officer makes a decision based only on visual observation, "good sea practice" rules and his own experience. In this case advices given by anticollision system are not useful. The problem of making decision about availability overtaking manoeuvre in uncertain conditions is connected with the evaluation of system in order to take on action. Systems object – human should proceed to execute tasks in random time moments. Probability it means the realization of different random variables [3]. The system human – ship in case of too close approach in the fairway should proceed to execute the avoidance collision task, it means to execute random variables such as an anticollision overtaking manoeuvre in restricted area. The measure of availability is the probability of random variables multiplication. That system will be on permanent availability and proceed to carry out task and will not lose its ability to realization. Apart from technical factors and environment parameters, availability also depends on the navigator's decision about anticollision manoeuvre – kind and time of action.

2. Overtaking on the fairway

During the overtaking manoeuvre on the fairway a navigator must take into consideration the limits, factors which outline the safe manoeuvre area:

- a) external factors
 - traffic, position of other vessels (different types and particulars),

- speed of other vessels,
- the fairway's parameters (breadth, depth, length),
- hydro-meteorological conditions (wind, wave, visibility, state of sea),
- day time,
- b) internal factors
 - own vessel (manoeuvre characteristics, size of the ship – length, draft, speed, breadth, loading or ballast condition),
 - navigational equipment of own vessel,
 - overtaken vessel particulars (course, speed, size of the ship – length, breadth, draught),
- c) human factor
 - experience,
 - education, knowledge,
 - stress,
 - hours of work – exhaust.

In order to overtake safely another ship situated on the traffic lane, it is necessary to find the minimum distance to commence that manoeuvre, and also the value of rudder angles to alter the course. The execution of an overtaking manoeuvre on the fairway (alternatively in the traffic separation scheme) will require from the navigator taking such measures that the ship, as a result of the course alteration, will avoid collision with the overtaken object and will not cross fairway limits.

The fault tree for an overtaking manoeuvre presents that the essential problem, which is the evaluation of distance S to commence the overtaking manoeuvre. The excess of the critical distance S_{KRYT} , a delayed decision is tantamount to no execution of the correct anticollision manoeuvre. Each action performed after reaching this value will cause a collision with the overtaken object or getting out of fairway during the action. The successfully ended action in this case is not possible. The determination of a permissible distance makes it possible to take a decision about the correct manoeuvre by a navigator.

The ship carrying out navigation in the restricted area is permanently availability to take a manoeuvre to secure proceeding the route safely.

In the consecutive time intervals some states may be distinguished:

- expectations that the event „situation of collision” will occur, permanent availability during navigation,
- the time interval after the random event „collision possibility with another ship” occurred,
- taking action to avoid collision and keeping the ship in the fairway's boundaries.

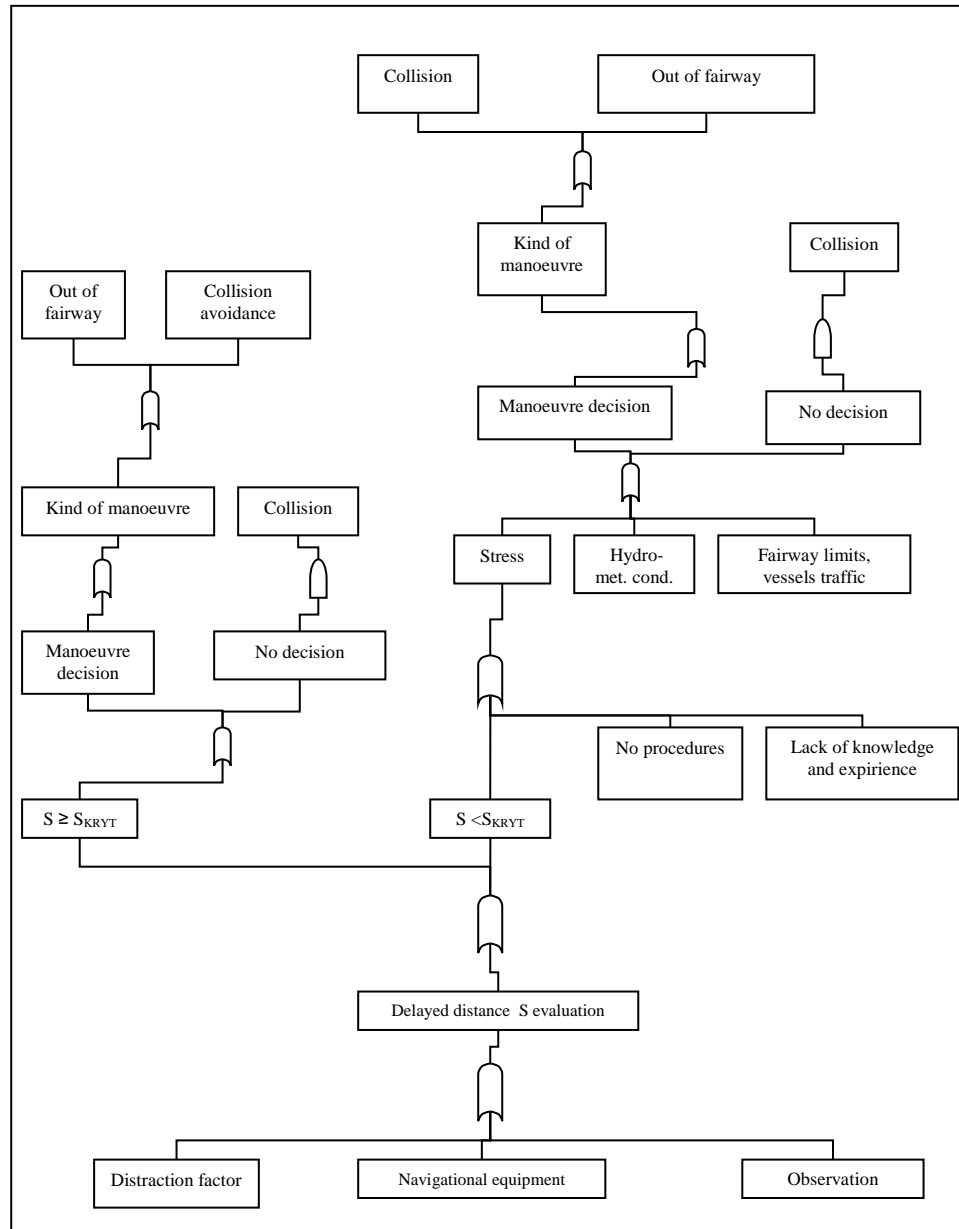


Fig. 1. Fault tree for overtaking manoeuvre

The occurrence of random event „collision with another ship” is pointed by ARPA. The watch officer is making a subjective assessment of the distance S and time of making a manoeuvre decision in accordance with his own knowledge, experience and distraction factors, fairway’s limits.

The actions taken by the navigator after occurrence of random event have an influence on final result of the manoeuvre:

- avoiding collision and keeping in the fairway,
- avoiding the collision and crossing fairway's limits,
- the collision.

Due to the lack of precisely information, that aids the navigator in making decisions in restricted areas, received from navigational equipment (ARPA), anticollision manoeuvres should be supported by other advisory systems, which show the critical area around the overtaken object. When that area is crossed by a ship as a result of no making a manoeuvre or making a prohibited manoeuvre (the use of unacceptable rudder angles, crash – stop), it leads to maritime accidents.

In practice the watch officer while assessing the critical overtaking distance S_{KRYT} , depends on his own knowledge and intuition.

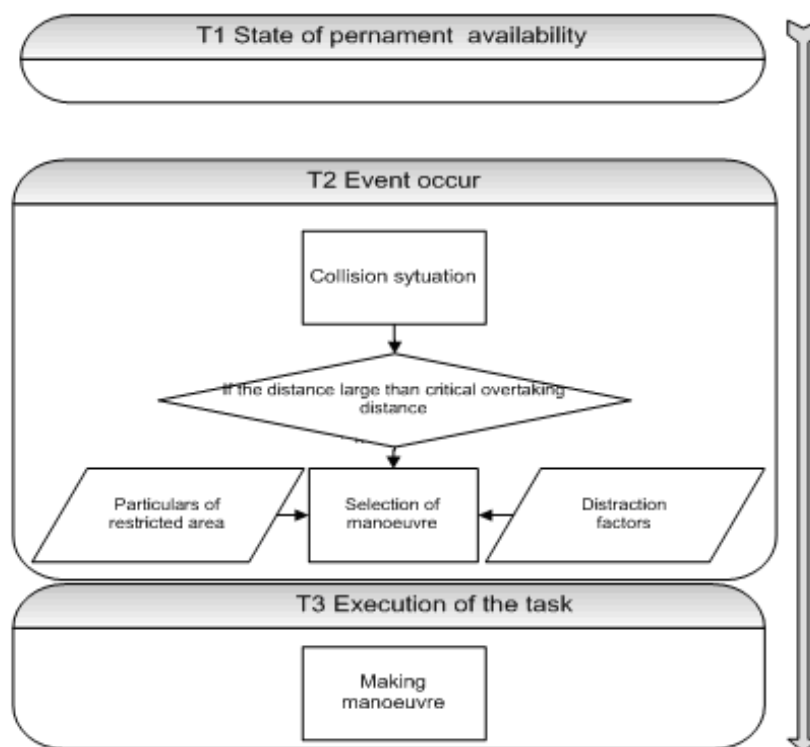


Fig. 2. Phases – time intervals for human – ship system

The figure 2 shows phases – time intervals, where system human – ship stays during the navigation carried out on the fairway:

T_1 – time, that system stays in permanent availability,

T_2 – time from the beginning of the event to the manoeuvre making,

T_3 – time of manoeuvre execution,

The ship's availability to make the overtaking manoeuvre is defined as a product of three events multiple [1]:

$$G = P(A \cap B \cap C) \quad (1)$$

In the formula (1), which is describing the ship's availability to make the overtaking manoeuvre, there are three events: A – system is in permanent availability to make the manoeuvre, B – move on to full availability from permanent availability and C – system is in full availability.

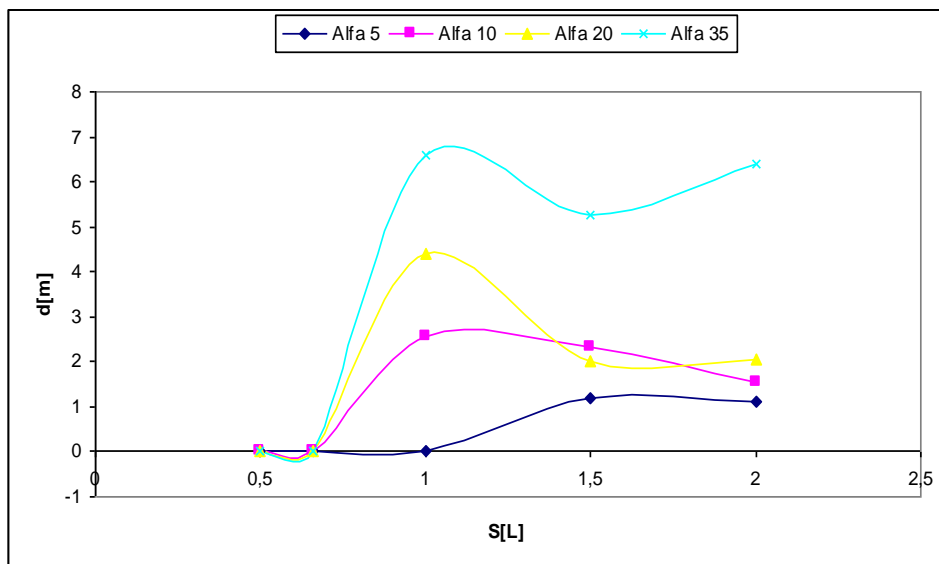
3. The overtaking distance and making manoeuvre

The ship carrying out navigation in the restricted areas should be in availability to make an overtaking manoeuvre. When random event occurs – collision with another object, it determines the decision of taking manoeuvre (the system is in T_2 time). That decision should result in overtaking object and keeping in the fairway. Therefore it is essential to determine the limits of permissible actions and moments to execute them. The research carried out on the training models (tanker models) made it possible to determine the critical overtaking distance S_{KRYT} and the kind of manoeuvre. The models taken into consideration were moving with different speed (11,7 and 3,7 knots). Due to the taken researches, the results presenting dependence between overtaking distance S and rudder angle were received.

The results make it possible to determine the restricted area. When it is crossed due to incorrect manoeuvre, the ship will either cause a collision with an object or will avoid the collision between ships but in the same time it will cross out the fairway, traffic separation scheme. The size of the area, and also the critical overtaking distance S_{KRYT} , will depend on the relative speed of ships and the kind of manoeuvre. On the basis of received results, the overtaking manoeuvre may be expressed as a multiple linear regression model:

$$d = 0,001\alpha(83,6721 + 3,69\alpha) - 0,6075S + 1,4726 \quad (2)$$

The formula (2) shows how the minimum side distance d depends on: α – ruder angle and S – safe overtaking distance.



Rys. 3. Figure 5. Minimum side distance d depending on safe overtaking distance S and rudder angle α

4. Conclusion

The essential issue for overtaking manoeuvre is the time interval measured from the appearing of random event, which is the possibility of collision, to the time of making the manoeuvre decision. In this time interval, the navigator has to decide about the action that will allow him to safely pass of the ship. The determination of the permissible maneuvering area (dependent on critical overtaking distance) will make it possible to overtaking safely another ship being on i.e. the fairway. This area will also inform the navigator about the minimum distance that the overtaking ship is able to approach to execute the manoeuvre, when limit factors are considered.

References

1. Abramowicz-Gerigk T.: *Czynniki wpływające na utrzymanie gotowości manewrowej statku*. XXXVI Zimowa Szkoła Niezawodności, Szczyrk, 2007.
2. Burciu Z.: *Podjęmowanie decyzji przez koordynatora w aspekcie gotowości systemu SAR*. XXXVI Zimowa Szkoła Niezawodności, Szczyrk, 2007.

-
3. Jadźwiński J.: *Polska szkoła gotowości systemów wojskowych*. XXXVI Zimowa Szkoła Niezawodności, Szczyrk, 2007.
 4. Lizakowski P.: *Określenie odległości krytycznej rozpoczęcia manewru wyprzedzania w celu uniknięcia zderzenia statków*. XII Międzynarodowa Konferencja Inżynieria Ruchu Morskiego, Świnoujście, 2007.
 5. Smalko Z.: *Wybrane problemy inżynierii bezpieczeństwa*. XXXVI Zimowa Szkoła Niezawodności, Szczyrk, 2007.

WYPRZEDZANIE STATKÓW NA AKWENACH OGRANICZONYCH

1. Wprowadzenie

Manewrowania statkiem na torach podejściowych, bądź też w strefach rozgraniczenia ruchu powoduje zwiększenie poziomu zagrożenia statku. Prowadzenie statku przez nawigatora powinno uwzględniać następujące ograniczenia oraz czynniki wpływające na bezpieczeństwo statku w wąskich przejściach: parametry statku i właściwości manewrowe, parametry toru - głębokość i szerokość, warunki hydrometeorologiczne, kierunek, prędkość wiatru, prądy, falowanie, zagęszczenie ruchu jednostek w rozpatrywanym obszarze, widzialność. Nieuwzględnienie tych ograniczeń w rejonie wąskich przejść przez oficerów i kapitanów może prowadzić do zagrożenia bezpieczeństwa ruchu, zejścia statku z toru wodnego i w konsekwencji wejście np. na mieliznę. Na statkach stosuje się systemy wspomaganie nawigacji. Powszechnie używanym jest ARPA (Automatic Radar Plotting Aid), system służący do planowania i oceny manewrów antykolizyjnych. Jeśli jednak odległość pomiędzy statkami jest rzędu kilku długości statku własnego (dla dużych statków 2000 – 3000 m), nawigator podejmuje decyzję tylko na podstawie obserwacji wzrokowej kierując się zasadami „dobrej praktyki morskiej”, własnym doświadczeniem, a wskazania systemu antykolizyjnego w tym momencie nie są użyteczne. Problem podejmowania decyzji w warunkach niepewności sytuacji dla manewru wyprzedzania wiąże się z oceną gotowości systemu do podjęcia działania. System obiekt – człowiek powinny w losowych momentach czasowych przystąpić do realizacji zadań. Probabilistycznie oznacza to realizację różnego rodzaju zdarzeń losowych [3]. System człowiek-statek w sytuacji „nadmiernego zbliżenia” na torze wodnym powinien przystąpić do realizacji zadania uniknięcia kolizji, oznacza to realizację zdarzeń losowych, takich jak manewr antykolizyjny wyprzedzania na obszarze ograniczonym. Miarą gotowości jest prawdopodobieństwo iloczynu zdarzeń polegających na tym, że system znajdzie się w stałej gotowości, przystąpi do realizacji zadania oraz nie utraci zdolności do jego realizacji. Na gotowość, oprócz czynników technicznych i parametrów otoczenia, wpływa podjęcie przez nawigatora decyzji o manewrze antykolizyjnym - rodzaj i moment wykonania działania.

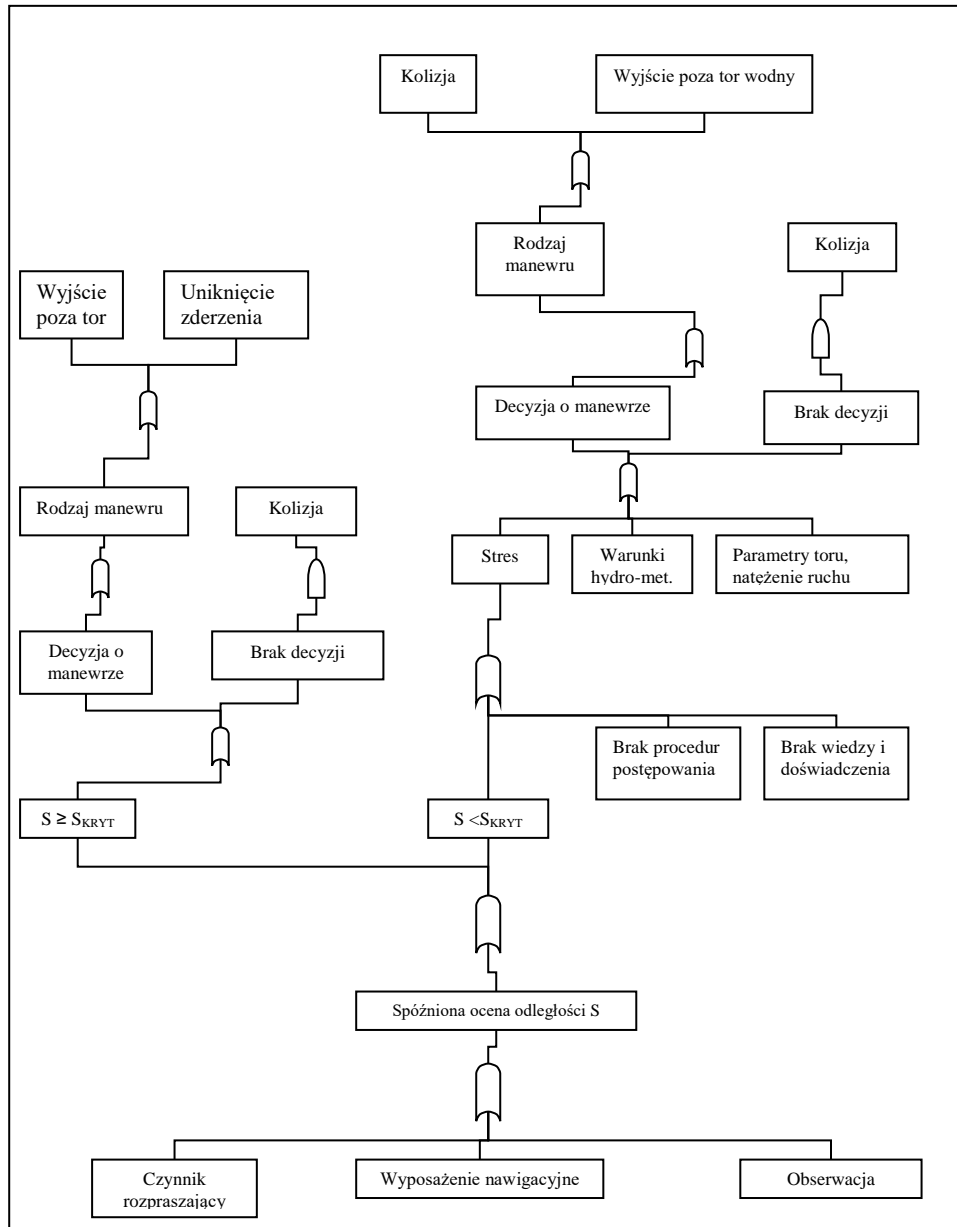
2. Wyprzedzanie na torze wodnym

Manewr wyprzedzania na torze wodnym wiąże się z uwzględnieniem przez nawigatora następujących czynników ograniczających, które wyznaczają bezpieczną przestrzeń manewrową:

- a) czynniki zewnętrzne
 - natężenie ruchu statków, rozkład występowania statków różnych typów i wielkości,
 - prędkości statków poruszających się na torze wodnym,
 - parametry toru wodnego (szerokość głębokość, długość),
 - warunki hydro-meteorologiczne (działanie wiatru i fali, stan morza, widzialność),
 - pora dnia,
- b) czynniki wewnętrzne:
 - statek własny (charakterystyki manewrowe, wielkość jednostki – długość, szerokość, zanurzenie, prędkość, stan załadowania),
 - wyposażenie nawigacyjne statku własnego,
 - parametry statku wyprzedzanego (kurs, prędkość, wielkość jednostki - długość, szerokość, zanurzenie),
- c) czynnik osoby wykonującej manewr:
 - doświadczenie,
 - wykształcenie, wiedza,
 - stres,
 - czas pracy – przemęczenie.

Aby statek mógł wyprzedzić bezpiecznie inną jednostkę znajdującą się na torze wodnym należy określić minimalną odległość rozpoczęcia wykonania tego manewru, a także wartość wychylenia płetwy steru wymaganą dla odchylenia, zmiany kursu.

Wykonanie manewru wyprzedzania na torze wodnym (ewentualnie w strefie rozgraniczenia ruchu) będzie wymagało od nawigatora podejmowania takich działań, aby statek, w wyniku zmian swojego kursu, uniknął kolizji z jednostką wyprzedzaną oraz nie wyszedł poza granice toru. Drzewo zdarzeń dla manewru wyprzedzania przedstawia istotny problem jakim jest ocena odległości S rozpoczęcia manewru wyprzedzania. Przekroczenie odległości krytycznej S_{KRYT} , decyzja podjęta z opóźnieniem, jest równoznaczne niewykonaniem prawidłowego manewru antykolizyjnego.



Rys. 1. Fault tree for overtaking manoeuvre

Każde działanie podjęte po osiągnięciu tej wartości zakończy się albo zderzeniem z obiektem wyrzedzanym, albo wyjściem poza tor wodny w trakcie wykonywania manewru. Działanie zakończone sukcesem w tym

wypadku nie jest możliwe. Określenie tej dopuszczalnej odległości pozwala nawigatorowi na podjęcie decyzji o wykonaniu poprawnego manewru.

Statek prowadząc żeglugę na akwenu ograniczonym znajduje się w stałej gotowości do podjęcia manewrów zapewniających bezpieczne przejście danej trasy. Można wyróżnić stany występujące w kolejnych przedziałach czasowych:

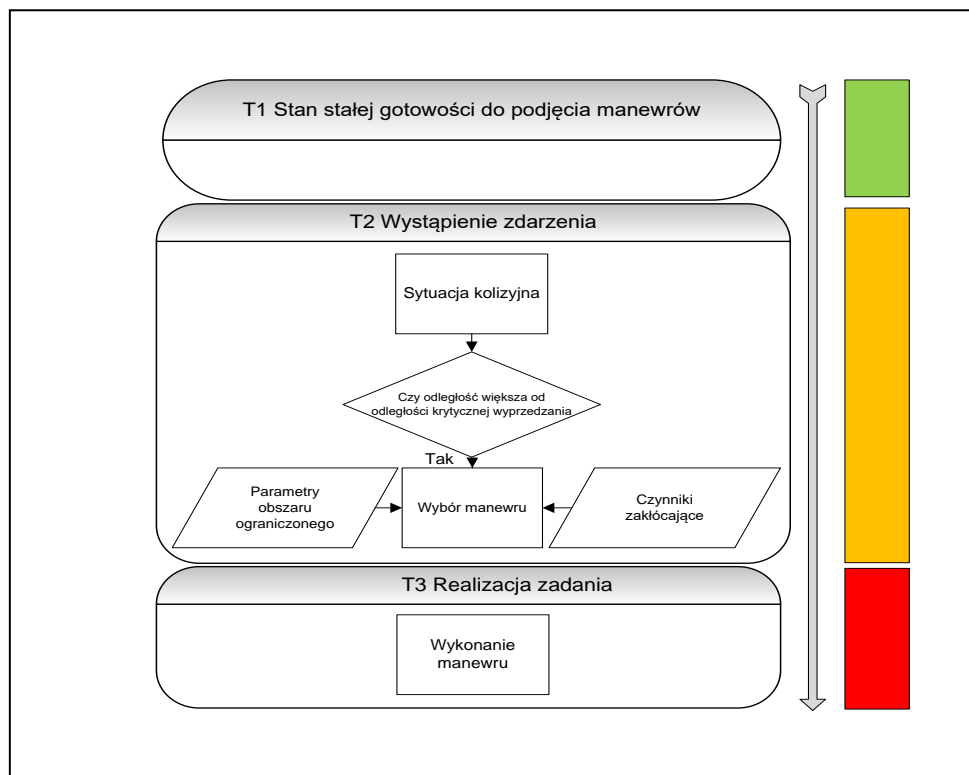
- oczekiwanie na wystąpienie zdarzenia „sytuacja kolizyjna”, stan stałej gotowości podczas żeglugi,
- przedział czasowy po wystąpieniu zdarzenia losowego „możliwość kolizji z innym statkiem”,
- realizacja działania mającego na celu uniknięcie kolizji i utrzymanie statku na torze wodnym.

Wystąpienie zdarzenia losowego „kolizja z innym statkiem” jest sygnalizowane na statku dzięki ARPA. Nawigator dokonuje subiektywnej oceny odległości S oraz momentu podjęcia decyzji o manewrze w oparciu o własną wiedzę, doświadczenie oraz czynniki zakłócające i parametry toru wodnego.

Działania podjęte przez nawigatora po wystąpieniu zdarzenia losowego mają bezpośredni wpływ na efekt końcowy przeprowadzonego manewru:

- uniknięcie zderzenia i utrzymanie się na torze wodnym,
- uniknięcie zderzenia i wyjście poza tor wodny,
- kolizja.

Ze względu na brak dostatecznej i precyzyjnej informacji z urządzeń wspomagających (ARPA) człowieka na statku w podejmowaniu decyzji na obszarach ograniczonych, działania antykolizyjne powinny być wspomagane przez inne systemy doradcze przedstawiające obszar krytyczny wokół wyprzedzanego obiektu, którego przekroczenie, w wyniku nie podjęcia manewru lub podjęcia manewrów zabronionych (wychylenie steru o wartość niedopuszczalną, awaryjne zatrzymanie statku) prowadzi do wypadków morskich. W praktyce nawigator, oceniając odległość krytyczną wyprzedzania S_{KRYT} , polega na doświadczeniu i intuicji.



Rys. 2. Phases – time bands for human – ship system

Rysunek 2 przedstawia fazy – przedziały czasowe, w których przebywa system człowiek – statek podczas żeglugi na torze wodnym:

T₁ – czas przebywania systemu w stałej gotowości,

T₂ – czas od wystąpienia zdarzenia do podjęcia manewru,

T₃ – czas realizacji manewru.

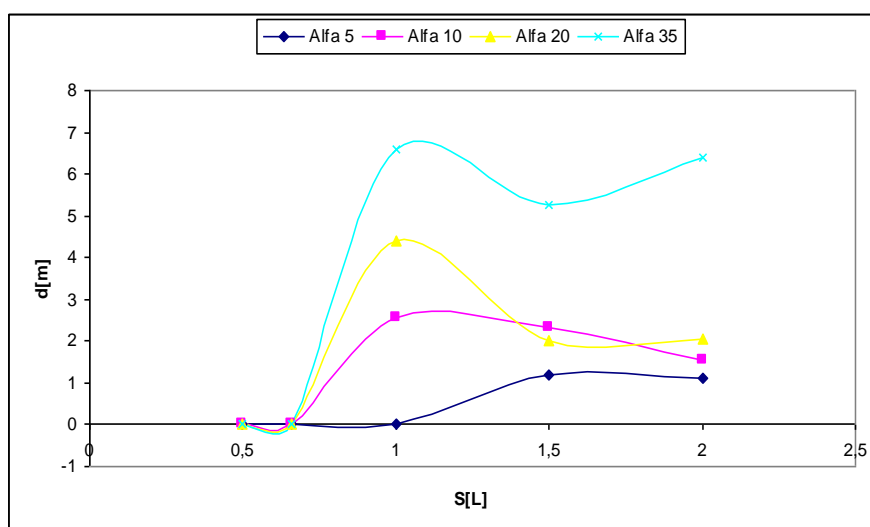
Gotowość statku do podjęcia manewru wyprzedzania jest zdefiniowana jako iloczyn trzech zdarzeń [1]:

$$G = P(A \cap B \cap C) \quad (1)$$

We wzorze (1) opisujący gotowość statku do podjęcia manewru występują trzy zdarzenia: A – system znajduje się w stałej gotowości do podjęcia manewru, B – przejście ze stanu stałej gotowości do stanu pełnej gotowości, C – system jest w stanie pełnej gotowości manewrowej.

3. Odległość rozpoczęcia wyprzedzania, a wykonanie manewru

Statek prowadząc żeglugę na akwenach ograniczonych powinien znajdować się w gotowości do podjęcia manewru wyprzedzania. Wystąpienie zdarzenia losowego – kolizja z innym obiektem, determinuje podjęcie decyzji co do wykonania manewru (system przebywa w czasie T_2). Decyzja ta powinna skutkować wyprzedzeniem obiektu i utrzymaniem się statku na torze. Zatem istotne jest wyznaczenie zakresu dopuszczalnych manewrów i momentu ich wykonania. Przeprowadzone badania na modelach redukcyjnych (modele tankowca) pozwoliły na wyznaczenie odległości krytycznej wyprzedzania S_{KRYT} oraz rodzaju manewru. Badane jednostki poruszały się z różnymi prędkościami (11,7 i 3,7 węzłów). Dzięki przeprowadzonym badaniom uzyskano wyniki prezentujące w jaki sposób odległość rozpoczęcia manewru S zależy od wychylenia płetwy steru.



Rys. 3. Figure 5. Minimum side distance d depending on safe overtaking distance S and rudder angle α

Otrzymane wyniki pozwalają na wyznaczenie zabronionego obszaru, którego przekroczenie w wyniku nieprawidłowego manewru spowoduje zderzenie z modelem wyprzedzającym lub uniknięcie kolizji przy jednoczesnym wyjściu poza granicę strefy albo toru wodnego. Wielkość tego obszaru, a tym samym odległość krytyczna S_{KRYT} rozpoczęcia manewru wyprzedzania będzie zależała przede wszystkim od prędkości względnej rozpatrywanych jednostek oraz rodzaju manewru.

Na podstawie otrzymanych wyników manewr wyprzedzania można opisać w postaci modelu wielomianowego:

$$d = 0,001\alpha(83,6721+3,69\alpha) - 0,6075S + 1,4726 \quad (2)$$

Wzór (2) przedstawia w jaki sposób odległość boczna minięcia jednostek d zależy od kąta wychylenia steru α i odległości rozpoczęcia manewru wyprzedzania S .

4. Podsumowanie

Istotnym elementem dla manewru wyprzedzania jest przedział czasowy od wystąpienia zdarzenia losowego jakim jest możliwość kolizji, do momentu podjęcia decyzji o manewrze. W tym przedziale czasowym nawigator ma zdecydować o działaniu pozwalającym na bezpieczne przejście statku. Wyznaczenie dozwolonego obszaru manewrowego (zależnego od odległości krytycznej) pozwoli na bezpieczne wyprzedzenie danej jednostki znajdującej się np. na torze wodnym. Obszar ten będzie również informował nawigatora o tym na jaką minimalną odległość może się zbliżyć tak, by wykonać manewr wyprzedzania, przy uwzględnieniu parametrów ograniczających. Pozwoli to na bezpieczne i efektywne wykonanie manewru.



M. Sc. Lizakowski Piotr, Gdynia Maritime University, assistant, specialization: ship's overtaking in restricted areas, GMDSS.