

Nr 102/2017, 70–79
ISSN 1644-1818
e-ISSN 2451-2486

WYZNACZANIE OPTYMALNEJ PRĘDKOŚCI STATKU ORAZ PLANOWANIE BEZPIECZNEJ TRAJEKTORII JEGO RUCHU PO OKRĘGU NA WĄSKICH I OSTRYCH ZAKOŁACH TORU WODNEGO Z WYKORZYSTANIEM METODY ROT

DETERMINING THE SHIP'S OPTIMAL SPEED AND SAFE TRACK SELECTION ON THE CIRCLE ON THE NARROW AND SHARP BEND FAIRWAYS BY MEANS OF THE RATE OF TURN ROT TECHNIQUES

Grzegorz Rutkowski

Akademia Morska w Gdyni, Morska 81-87, 81-225 Gdynia, Wydział Nawigacyjny,
e-mail: kptgrzegorzrutkowski@gmail.com

Streszczenie: Celem artykułu jest opracowanie wybranych problemów związanych z właściwym doбором prędkości statku oraz planowaniem bezpiecznej trajektorii jego ruchu po łuku okręgu w akwenie ograniczonym (np. na ostrych i wąskich zakolach toru wodnego) z uwzględnieniem metody praktycznej, polegającej na utrzymywaniu stałego promienia zwrotu R_c poprzez odpowiednie dostosowywanie wartości prędkości kątowej statku ROT względem wartości jego wypadkowej prędkości wzdłużnych V_s .

Słowa kluczowe: prędkość kątowa, szybkość statku, kierunek ruchu po wodzie, kierunek ruchu nad dnem, prędkość po wodzie, prędkość nad dnem, trajektoria ruchu statku.

Abstract: The purpose and scope of this paper is to describe selected problems relating to the proper selection of vessel speed and planning the safe trajectory of its circular arc motion in a restricted area (e.g. on sharp and narrow curves of a fairway) taking into account the practical method of maintaining the steady return radius of the ship R_c by proper adjustment of ROT (Rate of Turn) angular velocity values relative to V_s longitudinal speed values.

Keywords: rate of turn (ROT), ship's velocity, course through the water (CTW), course over ground (COG), speed through the water (STW), speed over ground (SOG), ship's trajectory.

1. WSTĘP

Do wyznaczania optymalnej prędkości statku oraz bezpiecznej trajektorii jego ruchu na wąskich i ostrych zakolach toru wodnego w praktyce wykorzystuje się głównie dwie metody: metodę klasyczną opartą na analizie wykresów cyrkulacji

[Rutkowski 2017] oraz tzw. metodę stałego promienia zwrotu, nazywaną również, choć w sposób błędny, metodą stałej prędkości kątowej lub krócej – metodą ROT. Warto tu jednak podkreślić, iż nazewnictwo morskie ROT stosowane w żargonie nawigacyjnym, a w niektórych przypadkach również w przepisach prawa międzynarodowego, nie zawsze jest poprawne lub w sposób właściwy opisuje badane tu zagadnienia. Metoda stałego promienia zwrotu w konwencji STCW opisywana jest np. w języku angielskim mianem „*constant rate of turn techniques*”, co sugerować może inną (nową) wprowadzoną metodę lub w sposób błędny ją charakteryzować. Opisywana prędkość kątowa statku ROT (z ang. *Rate of Turn*) nie jest bowiem stała, lecz zmienia się zależnie od wartości wypadkowej prędkości postępowej statku V_s oraz przyjętego promienia skrętu statku R_c , badanych na zadanej krzywiznie łuku toru wodnego, która z założenia jest stała.

W metodzie klasycznej (opisanej szczegółowo np. w [Nowicki 1999; Rutkowski 2017]), korzysta się głównie z informacji o statku zawartych w karcie pilotowej (*Pilot Card*), danych statku (*Ship's Particulars*) oraz charakterystyk manewrowych statku, wywieszonych na mostku nawigacyjnym w postaci tabelarycznych i/lub graficznych plakatów (*Wheelhouse Posters*) oraz danych szczegółowych dostępnych w raporcie z przeprowadzonych wcześniej prób morskich (*Sea Trials Report*). Dane te nie zawsze są jednak adekwatne do aktualnej sytuacji nawigacyjnej statku, dotyczą one bowiem jedynie sytuacji wzorcowej, jaka istniała podczas wykonywania prób morskich, a więc dla akwenu o zbliżonej głębokości i szerokości, z oddziaływaniem podobnych zakłóceń zewnętrznych, dla statku, który przy danym manewrze stosuje tę samą konfigurację pędników okrętowych i ich nastawy, posiada przy tym zbliżoną wyporność, trym, zanurzenie dziobu i rufy, a sprawność jego urządzeń napędowych oraz tzw. ogólny stopień czystości jego kadłuba jest porównywalny do stanu z prób morskich, których wyniki uznano wcześniej za wzorcowe.

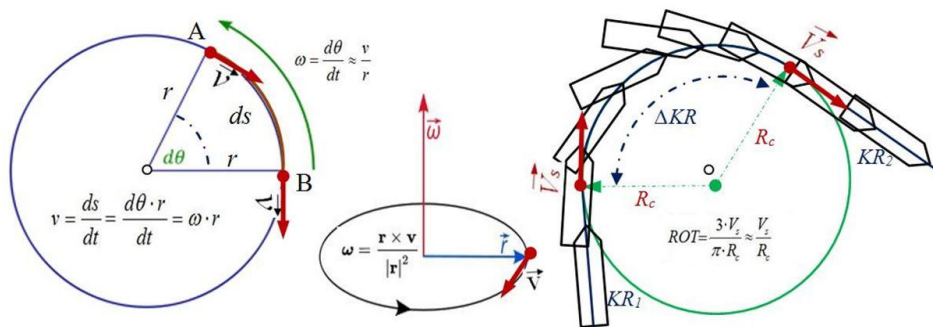
Z praktycznego punktu widzenia wykorzystanie ww. raportów manewrowych do planowania trajektorii ruchu statku oraz doboru parametrów jego prędkości na zakolach toru wodnego w sytuacjach innych niż te wzorcowe (opisane w dokumentacji statku) staje się więc zadaniem dość uciążliwym, bardzo czasochłonnym oraz zwykle mało precyzyjnym. Metoda klasyczna, mimo swoich wielu wad, jest przy tym dość powszechnie znana i przez to (statystycznie rzecz ujmując) w praktyce jest częściej stosowana niż np. metoda stałego promienia zwrotu z wykorzystaniem prędkości kątowej statku ROT.

Dodać trzeba, że chociaż znajomość tej drugiej metody z możliwością wykorzystania jej dla celów praktycznych (podczas manewrowania statkiem w akwenach ograniczonych) jest nadal wymagana (w myśl Konwencji STCW'95, tabela A/II-2.3), to w rzeczywistości okazuje się, iż zagadnienia te są nie tylko słabo znane wśród kadry pływającej [Teekay 2017] i przez to w praktyce rzadko stosowane, ale tematyka ta jest również pomijana w dokumentacji manewrowej statku, a w niektórych przypadkach również i w ogólnych programach szkoleniowych dla szkół i kadr morskich.

W artykule podjęto zatem próbę przybliżenia zagadnień związanych z właściwym doбором prędkości statku oraz bezpiecznej trajektorii jego ruchu po łuku okręgu w akwenie ograniczonym (np. na ostrych i wąskich zakolach toru wodnego) z uwzględnieniem metody praktycznej, polegającej na utrzymywaniu stałego promienia zwrotu statku R_c , realizowanego poprzez odpowiednie dostosowywanie i kontrolę jego prędkości kątovej ROT oraz wypadkowej prędkości wzdłużnej V_s .

2. USTALANIE PARAMETRÓW RUCHU STATKU PO OKRĘGU

Metoda stałego promienia zwrotu polega na właściwym przygotowaniu planu przejścia statku po torze wodnym o kształcie okręgu z wyznaczonym promieniem krzywizny łuku toru wodnego R_c [Teekay 2017]. W metodzie tej analizuje się ruch statku jednostajny krzywoliniowy (kołowy) przy stałej prędkości kątovej (lub liniowej). Statek podczas ruchu po okręgu nabiera prędkości kątovej ω , która jest wielkością wektorową opisującą ruch obrotowy statku po okręgu. W rzeczywistości jest to wektor, który leży na osi obrotu statku i skierowany jest zgodnie z regułą śruby prawoskrętnej. Jednostką prędkości kątovej ω w układzie SI jest radian na sekundę (rys. 1).



Rys. 1. Ruch statku po okręgu z uwzględnieniem wzajemnych relacji zachodzących pomiędzy prędkością kątovej ω [rad/s], ROT [°/min], prędkością liniową v [m/s], V_s [węzły] oraz przyjętego promienia skrętu r [m], R_c [Nm] dla zadanej krzywizny toru wodnego

Źródło: na podstawie [Nowicki 1999; Teekay 2017].

Fig. 1. Ship's truck on the circle with mutual relationship between rate of turn ω [rad/s], ROT [°/min], linear speed forward v [m/s], V_s [kn] and turning circle radius r [m], R_c [Nm] on designated sharp bend fairways

Source: Own elaboration based on [Nowicki 1999; Teekay 2017].

W transporcie morskim przy określaniu prędkości kątovej statku operuje się jednak za pomocą współrzędnych kątowych, odniesionych do czasu wyrażonego w minutach, a samą wartość prędkości kątovej określa się mianem ROT (*Rate of Turn*). Definiuje ona szybkość zmiany kursu statku (ΔKR) w jednostce czasu (ΔT).

Urządzenia mierzące prędkość kątową statku ROT wyskalowane są również w $[\text{°}/\text{min}]$.

W praktyce prędkość liniowa statku V_s wyrażana jest zawsze w węzłach i oznacza stosunek przebytej drogi statku D_s , wyrażonej w milach morskich, do czasu $\Delta T'$, który wyrażany jest w godzinach, co przy konwersji jednostek z dokładnością akceptowalną dla ruchu statku na zadanej krzywiznie łuku toru wodnego może doprowadzić do ustalenia następujących zależności:

$$\omega = \frac{d\theta}{dt} = \frac{v}{r} \quad (1)$$

$$\text{ROT} = \frac{3}{\pi} \cdot \frac{V_s}{R_c} \approx \frac{V_s}{R_c} \quad (2)$$

$$R_c \approx \frac{V_s}{\text{ROT}} \quad (3)$$

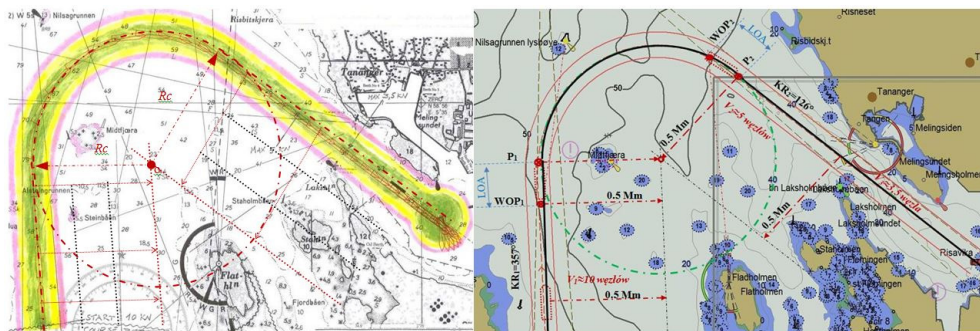
gdzie:

- ω – prędkość kąтова statku $[\text{rad}/\text{s}]$,
- $d\theta$ – miara przebytego kąta $[\text{rad}]$,
- dt – czas manewru $[\text{s}]$,
- ds – długość łuku krzywizny okręgu $[\text{m}]$,
- v – wypadkowa prędkość wzdłużna $[\text{m}/\text{s}]$,
- r – promień krzywizny okręgu $[\text{m}]$,
- V_s – prędkość statku $[\text{w}]$,
- R_c – promień krzywizny trajektorii ruchu statku po okręgu $[\text{Mm}]$,
- ROT – prędkość kąтова statku $[\text{°}/\text{min}]$,
- ΔKR – wielkość zmiany kursu $[\text{°}]$,
- ΔT – czas trwania manewru $[\text{min}]$,
- π – stała matematyczna ($\pi \approx 3,1415$).

Na potrzeby dalszej analizy wykorzystano plan podejścia do norweskiego portu Risavika, gdzie oś toru wodnego wyznaczona jest przez łuk okręgu o zadanym promieniu krzywizny toru $R_c = 0,5 \text{ Mm}$, z dopuszczalną minimalną szerokością pasa ruchu statku $\pm 0,15 \text{ Mm}$. Tor wodny wyznaczono pomiędzy płycznami umieszczonymi w centralnej i południowej części tego akwenu (rys. 2). W badaniach posłużono się typowym zbiornikowcem klasy VLCC o długości $L = 275 \text{ m}$, szerokości kadłuba $B = 42,5 \text{ m}$, który do ww. portu będzie podchodził od strony południowej kursem rzeczywistym $KR_1 = 357^\circ$ z prędkością manewrową „półnaprzód” $V_s = 10$ węzłów. Statek będzie musiał wykonać odpowiedni manewr zmiany kursy z $KR_1 = 357^\circ$ do $KR_2 = 126^\circ$, przyjmując trajektorię ruchu statku po okręgu z zadanym promieniem krzywizny łuku toru wyznaczonym na $R_c = 0,5$.

Wykonując powyższy manewr zmiany kursu o $\Delta KR = 129^\circ$, trzeba wytracić część prędkości postępowej V_s , a następnie po ustabilizowaniu nowego kierunku ruchu na prostoliniowym podejściowym torze wodnym do portu, wyznaczonym

przez linię nabieżnika $NR_2 = 126^\circ$, należy również znacząco ją zredukować. Zgodnie z wytycznymi IMO oraz zaleceniami lokalnej Administracji Morskiej prędkość statku V_s przy mijaniu główek portu oraz w obrębie basenu portowego powinna być zawsze „prędkością optymalną”, „bezpieczną” i nie przekraczać pewnych „zalecanych” tam wartości tzw. maksymalnej prędkości dopuszczalnej. W praktyce dla zbiornikowców VLCC prędkość V_s rejestrowana na wysokości główek portu Risavika nie powinna przekroczyć zalecanych tam wartości oscylujących w obrębie 3,5 węzła ± 1 węzeł.



Rys. 2. Zobrazowanie planu podejścia do portu Risavika na mapie papierowej i elektronicznej ECS z wykorzystaniem metody ROT do określenia trajektorii ruchu statku po okręgu o zadanym promieniu krzywizny toru $R_c = 0,5$ Mm

Źródło: na podstawie [Teekay 2017].

Fig. 2. Passage plan to port of Risavika illustrated on paper chart and electronic ECS system by means of ROT technique for ship's truck selection on the circle with designated turning circle radius $R_c = 0,5$ Nm

Source: Own elaboration based on [Teekay 2017].

W pierwszej kolejności należy jednak ustalić, po jakim bezpiecznym pasie ruchu B_c statek będzie się poruszał. Dla naszego przykładu będzie to $B_c = 0,3$ Mm ≈ 556 m. Przyjmując promień krzywizny łuku toru $R_c = 0,5$ Mm podczas trajektorii ruchu statku po okręgu, zgodnie z regułą (2), osoba sterująca statkiem będzie musiała utrzymywać wartość chwilowej prędkości kątowej statku ROT jako wartość dwukrotnie większą od zmierzonej wartości jego chwilowej prędkości liniowej wzdłużnej (V_s). W omawianym przypadku oznacza to, że statek podążając z prędkością liniową $V_s = 10$ węzłów, jeżeli uzyska prędkość kątową ROT = $20^\circ/\text{min}$, czyli $ROT \approx 2 \cdot V_s$, to wówczas osiągnie parametry trajektorii ruchu statku zbliżone do okręgu o promieniu $R_c \approx \frac{1}{2}$ Mm = $0,5$ Mm. Jeżeli jednak statek przy prędkości liniowej $V_s = 10$ węzłów uzyskałby mniejszą wartość prędkości kątowej, np. $ROT = 10^\circ/\text{min}$, czyli $ROT \approx V_s$, to promień trajektorii jego ruchu po okręgu wzrośnie do wartości $R_c \approx 1,0$ Mm. Wzrost zaś prędkości kątowej statku do wartości $ROT = 40^\circ/\text{min}$ przy stałej wartości jego prędkości liniowej wzdłużnej

$V_s = 10$ węzłów, czyli $ROT \approx 4 \cdot V_s$, spowoduje zmniejszenie promienia cyrkulacji statku po okręgu do wartości $R_c \approx \frac{1}{4} \text{ Mm} = 0,25 \text{ Mm}$.

Tabela 1. Relacje zachodzące pomiędzy przyjętą wartością promienia skrętu R_c , zmierzoną wartością chwilowej prędkości liniowej wzdłużnej V_s oraz oczekiwaną wartością chwilowej prędkości kątowej ROT [Teekay 2017]

Table 1. Mutual relationship between designated value of turning circle radius R_c , measured value of linear momentary speed forward V_s and expected momentary value of rate of turn ROT [Teekay 2017]

Promień skrętu R_c [Mm]	Prędkość liniowa V_s [węzły]	Prędkość kątowa według wzoru dokładnego i uproszczonego	
		$ROT = \frac{3}{\pi} \cdot \frac{V_s}{R_c}$ [°/min]	$ROT \approx \frac{V_s}{R_c}$ [°/min]
1,0	10	9,5	$ROT \approx V_s : 1 = 1 \cdot V_s$ 10
$0,5 = \frac{1}{2}$	10	19,1	$ROT \approx V_s : \frac{1}{2} = 2 \cdot V_s$ 20
$0,33 \approx \frac{1}{3}$	10	28,9	$ROT \approx V_s : \frac{1}{3} = 3 \cdot V_s$ 30
$0,25 = \frac{1}{4}$	10	38,2	$ROT \approx V_s : \frac{1}{4} = 4 \cdot V_s$ 40
$0,2 = \frac{1}{5}$	10	47,7	$ROT \approx V_s : \frac{1}{5} = 5 \cdot V_s$ 50

Analizując wzór (2), łatwo zatem zauważyć, iż w metodzie stałego promienia zwrotu ważne jest zachowanie odpowiednich relacji i stałych zależności zachodzących pomiędzy zmierzoną wartością chwilowej prędkości liniowej wzdłużnej V_s , wyrażonej w [w], wartością chwilowej prędkości kątowej ROT, wyrażonej w [°/min] oraz przyjętą wartością długości promienia skrętu statku R_c , wyrażoną w [Mm]. Gdyby więc przyjąć inną wartość promienia skrętu statku R_c niż założone $R_c = \frac{1}{2} \text{ Mm}$, to wówczas adekwatnie należałoby przyjąć inną proporcję zachodzącą pomiędzy parametrami ROT i V_s niż przyjęty wcześniej współczynnik 1:2.

W kolejnym punkcie analizy skupiono się na wyznaczeniu środka układu obrotu statku dla tak przyjętej trajektorii jego ruchu po okręgu, zakładając promień krzywizny jego toru $R_c = 0,5 \text{ Mm}$. Na rysunku 2 jest to punkt „o”. W tym celu na mapie nawigacyjnej trzeba wykreślić linie pomocnicze, równoległe do kierunków początkowej linii drogi statku nad dnem ($LDd_1 = KR_1 = 357^\circ$) oraz planowanej końcowej linii drogi statku nad dnem ($LDd_2 = KR_2 = 126^\circ$). Linie pomocnicze muszą być jednak oddalone od planowanej drogi statku nad dnem (LDd_1, LDd_2) w kierunku do wewnątrz pomiędzy liniami LDd_1 i LDd_2 o ustaloną wcześniej wartość przyjętego promienia krzywizny łuku toru $R_c = 0,5 \text{ Mm}$. Odległość tę oznacza się na mapie nawigacyjnej według skali mapy. Punkt przecięcia się tych linii pomocniczych wyznaczy środek okręgu „o”, leżący na dwusiecznej kąta $\Delta KR = KR_2 - KR_1 = 129^\circ$. Punkt „o”, który jest równo oddalony od linii drogi LDd_1

i LDd_2 o wartość $R_c = 0,5$ Mm, wyznaczy środek układu obrotu statku dla tak przyjętej trajektorii jego ruchu po okręgu. Dla uproszczenia przyjmuje się tu statek nie jako figurę przestrzenną, lecz jako punkt określający aktualną pozycję jego mostka nawigacyjnego (anteny systemu pozycyjnego DGNS).

Planowaną trajektorię ruchu statku po okręgu wyznacza się, zakreślając z punktu „o” okrąg o promieniu $R_c = 0,5$ Mm. Okrąg ten powinien wyznaczyć dwa punkty styczności P_1 i P_2 . Punkt P_1 wyznaczony zostanie na kierunku pierwotnej linii drogi statku nad dnem $LDd_1 = KR_1 = 357^\circ$, punkt P_2 zaś – na planowanym kierunku jego końcowej linii drogi statku nad dnem $LDd_2 = KR_2 = 126^\circ$ (rys. 2). Punkt P_1 oznaczać będzie moment, przemieszczania się bieguna obrotu statku, czyli tzw. punktu P (*Pivot Point*), po okręgu o wyznaczonym promieniu krzywizny łuku toru $R_c = 0,5$ Mm. Natomiast punkt P_2 oznaczać będzie moment opuszczenia przez biegun obrotu statku P trajektorii ruchu statku po okręgu i przemieszczania się wzdłuż nowej linii kursu wyznaczonej nabeżnikiem $NR_2 = KR_2 = 126^\circ$.

Kolejnym elementem rozważań jest ustalenie pozycji punktów WOP (*Wheel Over Position*), czyli ustalenie właściwej pozycji statku (mostka nawigacyjnego), w których trzeba wydać odpowiednią komendę na ster, w celu rozpoczęcia (WOP_1) oraz zakończenia (WOP_2) planowanego manewru cyrkulacji (czyli zmiany kursu z KR_1 na KR_2). Długość odcinka drogi pomiędzy punktami P_1 i WOP_1 oraz P_2 i WOP_2 (rys. 2) przyjmowana jest ze względu na pewne opóźnienia czasowe w reakcji statku do nabierania i wytracania prędkości kątowej ROT podczas procesu wychylania płetwy steru. Przy czym w praktyce zaleca się tu również, aby pozycja punktów WOP odnosiła się zawsze do ustalonej pozycji mostka nawigacyjnego, czyli była w sposób łatwy i szybki możliwa do określenia przez osobę sterującą statkiem (nawigatora), w celu zweryfikowania rzeczywistej pozycji statku nad dnem na moment rozpoczęcia i/lub zakończenia planowanego manewru.

Dla statków handlowych z mostkiem nawigacyjnym usytuowanym w części rufowej, czyli również dla analizowanego tu zbiornikowca VLCC, odległość pomiędzy planowanym punktem zwrotu P a punktem WOP do wydania komendy „Ster na burzę”, rozpoczynającej ten zwrot, przyjmowana jest zwykle jako wartość zbliżona do jednej długości statku L_D , mierzonych od mostka nawigacyjnego do dziobu. W praktyce oznacza to sytuację nawigacyjną, w której wydanie komendy, rozpoczynającej wychylenie płetwy steru na wskazaną burzę statku (*Wheel Over Position*), następuje w momencie, w którym dziób statku osiągnie pozycję planowanego punktu zwrotu P_1 , a jego mostek nawigacyjny (usytuowany w części rufowej) osiąga pozycję planowanego punktu WOP_1 . Przyjmuje się tu założenie, iż odległość mierzona pomiędzy aktualną pozycją bieguna obrotu statku P (*Pivot Point*) a jego rufą jest zbliżona do odległości mierzonych pomiędzy dziobem statku a pozycją jego mostka nawigacyjnego. W praktyce oznacza to sytuację, w której biegun obrotu statku P (*Pivot Point*) powinien osiągnąć pozycję punktu P_1 w tym samym czasie, w którym rufa statku z wychyloną płetwą steru zbliży się do punktu WOP_1 . Analogicznie, gdy mostek nawigacyjny osiągnie pozycję punktu WOP_2

oddaloną od punktu P_2 o długość L_D , osoba sterująca statkiem powinna wychylić ster statku na burtę przeciwną do realizowanego kierunku zwrotu, kończąc tym samym manewr cyrkulacji i stabilizując ruch statku na nowym kierunku jego ruchu $KR_2 = 126^\circ$.

Przy czym samo wyznaczenie punktu WOP_2 , kończącego zaplanowany manewr cyrkulacji (czyli zmiany kursu z $KR_1 = 357^\circ$ na $KR_2 = 126^\circ$) może wspomóc wdrożenie odpowiednich procedur wytracania prędkości kątowej statku ROT na krótki moment przed osiągnięciem zamierzonego kursu końcowego. W praktyce oznacza to jednak konieczność prowadzenia ciągłej kontroli kursu statku KR (poprzez obserwację wskazań kompasu) oraz kontrolę prędkości kątowej statku ROT (kontrola kąta wychylanej płetwy steru oraz obserwacja miernika ROT).

Po osiągnięciu momentu, w którym kurs statku osiągnie wartość różną o kilka stopni kątowych od wartości kursu docelowego (zwykle są to wartości ΔKR od 5 do 10° , zależnie od zadanej prędkości ROT), jego ster powinien być wychylony na burtę przeciwną w celu wytracenia ROT do $0^\circ/\text{min}$ i ustabilizowania statku na nowym kierunku jego ruchu $KR_2 = 126^\circ$. Należy przy tym pamiętać o odpowiednim doborze prędkości liniowej statku V_s względem ROT dla danej sytuacji nawigacyjnej.

Przyjmując wartości wypadkowych prędkości postępowych statku V_s jako wartości określone względem dna akwenu: $V_s = \text{SOG}$, gdzie SOG oznacza prędkość statku nad dnem (*Speed Over Ground*), uzyskuje się trajektorię ruchu statku nad dnem, która z pewnym przybliżeniem (wystarczającym jednak dla celów praktycznych) uwzględni wpływ zakłóceń zewnętrznych oddziaływających na statek od wiatru, prądu i fali.

Jeżeli jednak w danej sytuacji nawigacyjnej bardziej interesująca będzie trajektoria ruchu statku, określona względem lustra wody (np. przy mijaniu innych obiektów lub przeszkód unoszących się po wodzie), to wówczas do zależności (2) należy wstawiać parametry wypadkowych prędkości postępowych statku V_s określone względem lustra wody, czyli $V_s = \text{STW}$, gdzie STW oznacza prędkość statku po wodzie (*Speed Through Water*). Decyzja końcowa co do tego, którą z ww. prędkości uznać trzeba będzie za prędkość wyjściową przy określaniu właściwej prędkości statku dla danej sytuacji nawigacyjnej w akwenu, należeć będzie zawsze do osoby kierującej statkiem, czyli zwykle kapitana.

3. WNIOSKI

Jednym z podstawowych zadań stawianych kapitanom przy realizacji podróży morskiej jest ustalanie optymalnej prędkości i kursu statku. Pojęcie prędkości optymalnej służy w praktyce morskiej do określenia najwłaściwszej prędkości statku w danej sytuacji manewrowej, związanej ze sterowaniem jego ruchem przy

uwzględnieniu różnych aspektów nawigacyjnych (w tym typ akwenu i jego ograniczenia), aspektów hydrometeorologicznych (w tym oddziaływanie wiatru, prądu i falowania) oraz wpływu innych czynników (wewnętrznych i zewnętrznych) oddziaływających na parametry ruchu statku własnego (np. oddziaływanie innych obiektów pływających na kurs i prędkość statku własnego).

W akwencie ograniczonym wybór prędkości maksymalnej, z jaką statek może się tam poruszać, dokonuje się w wyniku analizy porównawczej pomiędzy wartością prędkości osiągalnej (rzadziej granicznej) a wartością prędkości dopuszczalnej, ustalonej przez lokalne administracje morskie dla danego rejonu żeglugi. Praktyka nakazuje przy tym również, aby wybór właściwej prędkości statku na wodach ograniczonych był swego rodzaju kompromisem pomiędzy prędkością optymalną (ze względu na czas lub zużycie paliwa), a prędkością bezpieczną ustaloną dla aktualnej sytuacji nawigacyjnej z marginesem bezpieczeństwa statku, wyznaczonym przez zarys jego trójwymiarowej domeny. Mając na względzie obowiązek poruszania się statku z prędkością bezpieczną (przepisy MPDM), prędkością optymalną (właściwą) powinna być w tym wypadku zawsze prędkość mniejsza z wyżej wymienionych.

Zastosowanie metody klasycznej opartej na analizie wykresów cyrkulacji do planowania trajektorii ruchu statku oraz doboru parametrów jego prędkości na zakolach toru wodnego w sytuacji podobnej do tej, którą opisano powyżej, byłoby zadaniem dość uciążliwym, bardzo czasochłonnym oraz mało precyzyjnym. Sytuacja ta nie jest bowiem przypadkiem wzorcowym, jaki przedstawiają standardowe wykresy cyrkulacji, i zwykle obejmuje ona inny stan załadowania statku, inne warunki zewnętrzne (zakłócenia hydrometeorologiczne), inny oczekiwany promień skrętu, a to w praktyce wymusza również konieczność stosowania innych kątów wychyłanej płetwy steru niż standardowe 15° lub 35° , inną nastawę prędkości początkowej statku oraz konieczność jej redukcji w czasie rzeczywistym podczas tak planowanego manewru cyrkulacji.

W tym ujęciu metoda stałego promienia zwrotu jawi się zatem jako metoda bardzo praktyczna, która umożliwi nie tylko lepsze planowanie trajektorii ruchu statku po okręgu, ale również bardziej precyzyjne jego sterowanie prowadzone w czasie rzeczywistym. Przy zachowaniu odpowiednich relacji i stałej zależności, opisanej wzorem (2), można zatem w stosunkowo prosty sposób oszacować pożądane parametry ruchu statku (jego prędkość kątową ROT, prędkość postępową V_s , zadany promień skrętu R_c) dla analizowanych trajektorii jego ruchu, określanych zarówno względem dna akwenu, jak i względem lustra wody. Metoda ta jest przy tym szybka, niezawodna i przy pomiarze parametrów ruchu statku nad dnem ($V_s = \text{SOG}$) uwzględnia w swoim założeniu również oddziaływanie zakłóceń zewnętrznych od wiatru, prądu i fali.

LITERATURA

Nowicki, A., 1999, *Wiedza o manewrowaniu statkami morskimi*, Trademar, Gdynia.

Rutkowski, G., 2016, *Determining Ship's Safe Speed and Best Possible Speed for Sea Voyage Legs*, TransNav the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation, vol. 10, no. 3.

Teekay, 2017, dokumentacja wewnętrzna korporacji, luty.