

Mirosław Jurdziński

Akademia Morska w Gdyni

SYSTEMY DYNAMICZNEGO USTALANIA WARTOŚCI ZAPASU WODY POD STĘPKĄ NA PŁYTKOWODZIU

W pracy przedstawiono działanie systemu do określania dynamicznego zapasu wody pod stępką w trudnych rejonach nawigacyjnych. Opisano sposób określania zapasu wody pod stępką oraz metody oceny bezpiecznej prędkości statku dla określonego zapasu. Zamieszczono diagram do oceny osiadania statku.

Słowa kluczowe: *nawigacja, służby regulacji ruchu, dynamiczny zapas wody pod stępką.*

WSTĘP

Coraz większa konkurencja w światowym transporcie morskim oraz wzrost kosztów eksploatacyjnych wymuszają na armatorach i czarterujących poszukiwanie bardziej ekonomicznych metod rozwiązywania tych problemów. Wprowadza się zmiany konstrukcyjne w nowo budowanych statkach. Zwiększanie tonażu pozwala na załadunek i przewóz większej ilości towaru, ale kosztem zwiększenia zanurzenia.

Zmiany te wymagają dostosowania infrastruktury portów do przyjmowania coraz większych jednostek i leżą w gestii administracji poszczególnych portów.

Porty muszą spełniać odpowiednie kryteria: zapewniać łatwość dostępu, przepustowość oraz bezpieczeństwo ruchu w rejonach podejściowych z morza do nabrzeży.

Problemy ustalania bezpiecznej wartości zapasu wody pod stępką Z dotyczą portów leżących w rejonach działania pływów. Ponadto ruch statku odbywa się w znacznych odległościach od podejścia do portu, przy jednoczesnej zmianie poziomu wody, co wymaga od nawigatorów szczególnej uwagi, obserwacji wskazań urządzeń typu np. echosonda (w szczególnych przypadkach należy użyć sondy ręcznej), łączności z kapitanatem portu w celu uzyskania odpowiednich informacji o warunkach hydrologicznych panujących w danym rejonie. Zachodzi zatem konieczność utrzymania odpowiedniej prędkości statku na płytkowodziu, przy zachowaniu bezpiecznego zapasu wody pod stępką.

W żegludze morskiej ocena zapasu wody pod stępką jest określana dwiema metodami:

1. Wartość Z jest funkcją T zanurzenia, w zależności od rodzaju dna morskiego.
2. Dokładne określanie składowych poprawek zapasu statecznego ΣR_S oraz poprawki zapasu dynamicznego ΣR_D (rys. 1, 2) [5, 6].

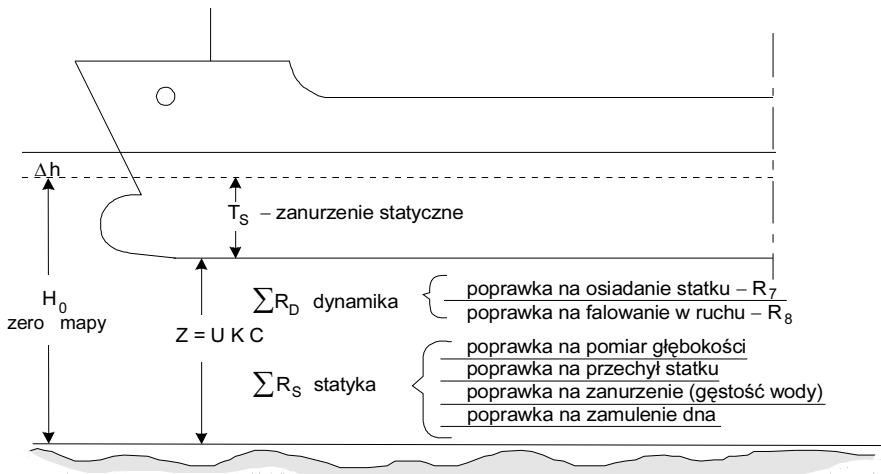
Pierwsza metoda jest bardzo ogólna i w wielu przypadkach nie może być stosowana, np. gdy warunki środowiskowe pływania nie są dokładnie rozpoznawane.

1. ELEMENTY SKŁADOWE ZAPASU WODY POD STĘPKĄ

Na świecie zwiększa się liczba portów morskich wprowadzających systemy zarządzania zapasem wody pod stępką. Dotyczą one statków wchodzących w ich rejony administracyjne, a obowiązują na podejściach do portu, pogłębionych torach wodnych, rzekach itp.

Rzeczywista wartość zapasu wody pod stępką zależy od aktualnych parametrów składowych, m.in. poprawek do zanurzenia statków wchodzących w rejony płytkowodzia.

Planowanie czasu wejścia do lub wyjścia z portu na pogłębione tory wodne uwzględnia parametry przewidywanych warunków hydrometeorologicznych oraz inne aktualne dane (patrz rys. 1), co przyczynia się do zwiększenia ekonomicznego transportu, daje to bowiem możliwość bezpiecznego zwiększenia zanurzenia na wyjście statku z portu, a także wejście statku o większym zanurzeniu, (czyli zmniejszając Z).

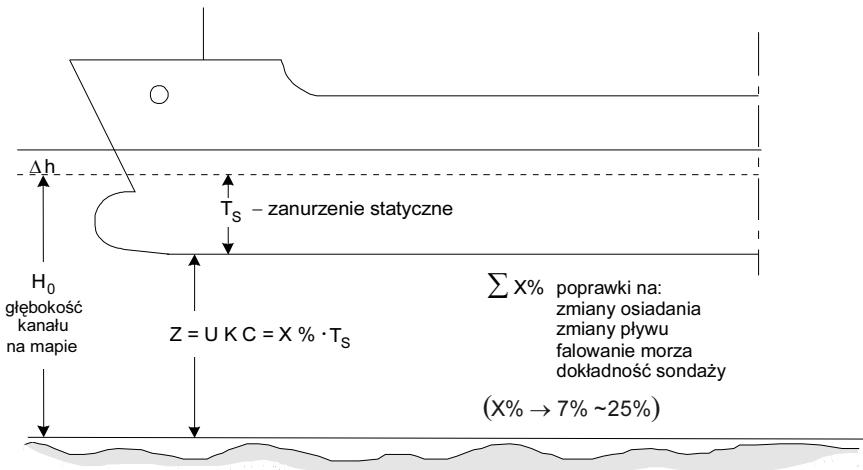


Rys. 1. Elementy zapasu wody pod stępką oparte na aktualnych parametrach mierzonych (obserwacje) w rejonie pływania statku

Fig. 1. UKC measurement based on the real time data for each element (observed) in the ship (passing) areas

Aby wprowadzić dynamiczny system UKC, władze portowe powinny zainwestować w programy obliczeniowe, kalibrowane czujniki oceny stanu (poziomu) wody w porcie lub na podejściu, kontrolować instalacje pław rejestrujących falowanie, zasolenie wody itp. Poza tym zachodzi konieczność zapewnienia łączności między firmą obliczającą Z a pilotem itp.

Niżej pokazano prosty system oceny zapasu wody pod stępką według IALA (rys. 2).



Rys. 2. Tradycyjna metoda oceny zapasu wody pod stępką, oparta na statycznych danych środowiska; H_0 – głębokość kanału (na mapie), Δh – prognoza wysokości pływu, T_S – zanurzenie statyczne, $X\%$ – wartość procentowa

Fig. 2. Traditional measurement method of UKC based on the static environmental data

Druga metoda jest bardziej dokładna, ale wiąże się z koniecznością dokładnej oceny aktualnej wartości zakłóceń środowiska morskiego oraz parametrami pływu i prędkości statku.

Administracje portowe tworzą systemy do określania dynamicznego zapasu wody pod stępką dla statku w ruchu, na podejściu do portów. Systemy te dostarczają na statek, do wiadomości kapitana i pilota, informacje dotyczące:

- bezpiecznej prędkości statku w czasie ruchu na podejściu do portu;
- wartości zakłóceń prądów pływowych, wysokość pływu (głębokości wody).

Dynamika zmian zakłóceń, wysokość pływu stanowią podstawę do regulacji prędkości na podejściu do określonych punktów na całej trasie statku pilotowanego.

Ważnym elementem do oceny bezpiecznej prędkości statku jest znajomość funkcji osiadania statku w ruchu na płytkowodziu. Najbardziej wiarygodną formą oceny tego zjawiska jest wzór Barrasa [3, 4]:

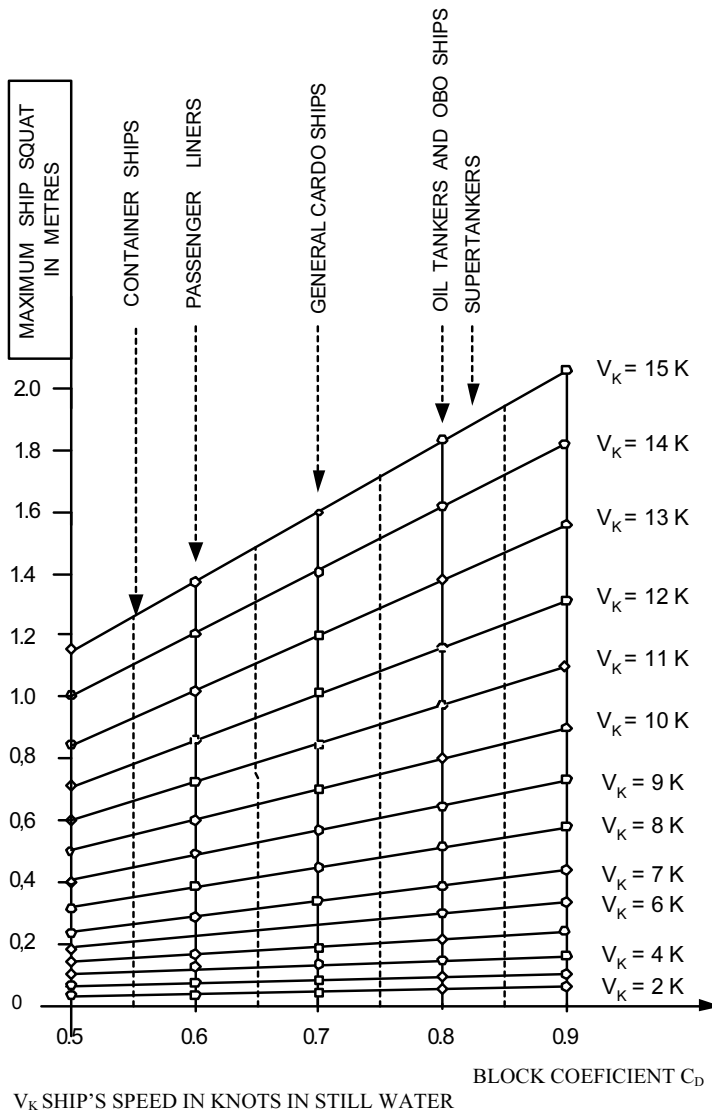
$$R_7 = V_Z^2 \cdot \delta / k \quad (1)$$

gdzie:

- R_7 – poprawka na osiadanie [m],
- V_Z – bezpieczna prędkość statku [w],

- δ – współczynnik pełnotliwości kadłuba zanurzonego,
 k – wartość 100 dla płytkowodziu bez ograniczeń,
 k – wartość 50 dla kanałów o ograniczonym przekroju poprzecznym w stosunku do przekroju poprzecznego kadłuba w zakresie 0,06÷0,3.

Dla ułatwienia określenia poprawki R_7 można zastosować wykres Barrasa, przedstawiony na rysunku 3.



Rys. 3. Wykres do określania zapasu wody pod stępką według Barrasa [3]

Fig. 3. Diagram for squat determination

Drugim ważnym elementem dynamicznej części zapasu wody pod stępką jest poprawka na falowanie R_8 . Przyjmowanie wartości jako pół wysokości fali ($h/2$ – fali), według źródła Admiralicji Brytyjskiej [1, 8], jest bardzo ogólnym określeniem stosowanym tylko na płytkowodziu w rejonach wód otwartych. W rzeczywistości poprawka R_8 zależy od parametrów geometrycznych statku, parametrów falowania oraz prędkości i kierunku ruchu statku do fali.

Prędkości statku na płytkowodziu, dla określonych wartości zapasu Z , można obliczyć, korzystając ze wzorów [5]:

$$Z = H - T \quad [\text{m}] \quad (2)$$

$$Z = \Sigma R_S + \Sigma R_D \quad [\text{m}] \quad (3)$$

$$\Sigma R_D = Z - \Sigma R_S \quad [\text{m}] \quad (4)$$

$$R_7 = 0,01 \cdot \delta \cdot V_Z^2 \quad [\text{m}] \quad (5)$$

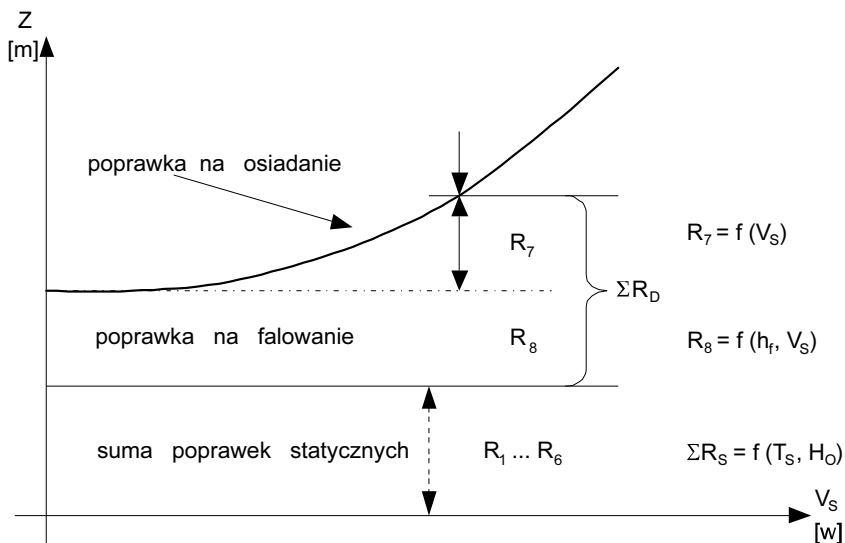
$$R_8 = 0,5 h \quad [\text{m}] \quad (6)$$

$$R_7 = Z - (\Sigma R_S + R_8) \quad (7)$$

$$0,01 \delta \cdot V_Z^2 - Z - (\Sigma R_S + R_8) \quad (8)$$

$$V_Z = \{100 / \delta [Z - (\Sigma R_S + R_8)]\}^{0,5} \quad [\text{w}] \quad (9)$$

Niżej, na rysunku 4 przedstawiono wykres wyjaśniający zmiany wartości zapasu Z w funkcji prędkości statku.



Rys. 4. Elementy składowe zapasu wody pod stępką [5]

Fig. 4. UKC data for each element [5]

2. CZYNNIKI ZWIĄZANE Z DECYZJĄ OCENY WARTOŚCI ZAPASU WODY POD STĘPKĄ

Prawie w każdej podróży statek przechodzi przez płytkowozia, stąd potrzeba oceny umiejętności obliczania UKC.

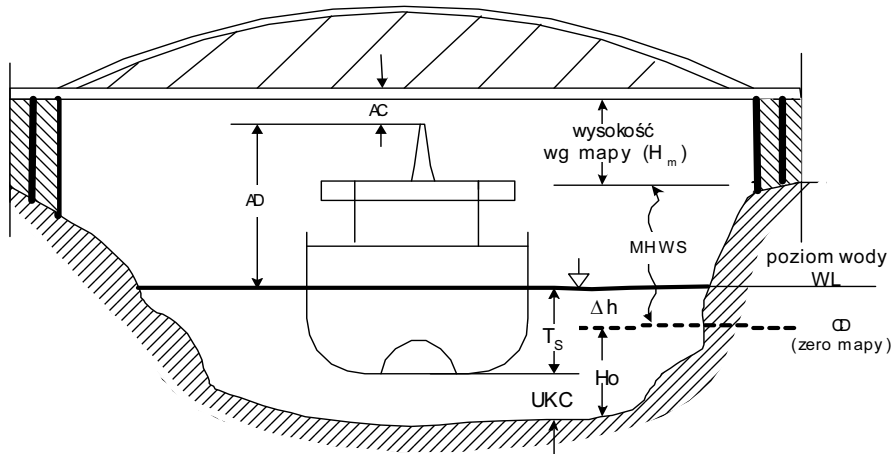
W większości państw morskich władze administracyjne wymagają przestrzegania przez statki wchodzące w rejony ich jurysdykcji zachowania minimalnego zapasu wody pod stępką, zwłaszcza w niektórych rejonach płytkowodnych, portach, kanałach, rzekach itp.

Niżej wymieniono główne czynniki, które decydują o wartości zapasu wody pod stępką (*Under Keel Clearance*) [3]. Są to:

- niedokładność map morskich (głębokości);
- niedokładne oceny zanurzenia statków;
- osiadanie przy określonej prędkości statku;
- możliwość negatywnego poziomu wody w rejonie pływu;
- kurs i prędkość na fali;
- wpływ wielkości falowania w czasie ruchu statku;
- zmiany zamulenia dna od czasu ostatnich sondaży;
- rury na dnie morskim w rejonie wież wiertniczych (błąd do 2 m);
- rejony wydmy piaszczystych dna;
- możliwość zmian batymetrii w rejonach wulkanicznych;
- niedokładność oceny prognoz pływowych;
- brak możliwości uzyskania prognoz pływu na określonych rejonach z dala od lądu;
- zmiany związane z użyciem paliwa i zapasów, wpływające na trudności oceny zanurzenia;
- trudności oceny aktualnego zanurzenia statku w morzu przed wejściem na płytkowozia lub do portu;
- zmiany przegłębienia statku (trymu);
- wpływ wahań ciśnienia i wiatru na obniżenie poziomu wody;
- błąd ludzki wywołany brakiem kwalifikacji lub wyszkolenia wśród załogi.

3. OKREŚLANIE UKC I ZAPASU POD MOSTEM W CZASIE RUCHU STATKU

Trasa żeglugi często przebiega przez płytkowozia, zwłaszcza w żegludze przybrzeżnej i na terenach ograniczonych, gdzie nierzadko zachodzi konieczność przepływania pod mostami (zwłaszcza podczas żeglugi na rzekach i kanałach). Wiąże się to ze znajomością zapasu wody pod stępką oraz bezpiecznego prześwitu między górną częścią statku a mostem (rys. 5). Równania (10÷12) pozwalają na wyznaczenie tych dwóch niewiadomych.



Rys. 5. Zapas wody pod stępką i prześwit górny pod mostem

Fig. 5. Under Keel Clearance and Under Bridge Air Draught Allowance

Równania pozwalające na obliczanie AC i UKC [3]:

$$AC + AD = H_o + \Delta h \quad (10)$$

$$UKC + T_s = H_o + \Delta h \quad (11)$$

$$AC + AD = (MHWS + H_m) - \Delta h \quad (12)$$

WNIOSKI

Ważne jest, aby eksploatacyjny model systemu do określania zapasu wody pod stępką działał pod kontrolą oficjalnej instytucji państwowej. Dane przesyłane do centrali systemu powinny być absolutnie dokładne oraz dotyczyć wydawnictw takich, jak mapy i przedstawione na mapach głębokości. W rejonach, gdzie mogą pojawiać się denne fale piaskowe, które zmieniają kształty dna, należy odpowiednio często kontrolować metodą pomiarową.

Ważne dane składowe zapasu winny być obliczane i wprowadzane do systemu przez niezależne, kompetentne osoby z instytucji hydrograficznej, przy stosowaniu aktualnych technik, takich jak:

- ciągłość kalibrowania czujników zabezpieczających hydrometeorologiczne dane wejściowe do systemu;
- zweryfikowanie danych parametrów geometrycznych kadłuba statku;
- stosowanie niezawodnych systemów łączności ośrodek – statek;
- określanie granic dokładności oceny głębokości oraz prognozowanie prądów pływowych i wysokości pływu, mających wpływ na określenie zapasu wody pod stępką;

- kompetentne władze w rejonie pływania powinny ustalić bezpieczne wartości zapasu wody pod stępką w czasie rzeczywistym na określonym odcinku trasy statku;
- ruchomy sprzęt w posiadaniu pilotów prowadzących statek na trasie powinien zapewniać dane o dokładnej pozycji statku, falowaniu, prądach, stanie wody oraz prędkości bezpiecznej dla określonego zapasu wody pod stępką.

LITERATURA

1. *Admiralty Manual of Navigation*, Vol. 1, Her Majesty Stationary Office, Last Edition, London 2007.
2. *Advanced for Mates/Masters*, Anwar Nadeem Navigation, Seamanship International Ltd, Lankashire 2006, p. 315–316.
3. Barras C.B., *Ship Design*, Elsevier Butterworth – Heinemann, Oxford 2004, p. 159–162.
4. Barras C.B., *Ship Squat*, Corne & MacLean, Liverpool, 1978, p. 148–150.
5. Jurdziński M., *Ocena zapasu wody pod stępką w żegludze morskiej*, SDKO, Gdynia 2007, s. 60–61.
6. Jurdziński M., *Planowanie nawigacji w obszarach ograniczonych*, Wydawnictwo Akademii Morskiej w Gdyni, Gdynia, 2003, s. 37–39.
7. *Navguide Aids to Navigation Manual*, IALA – AISM, 2010, p. 137–138.
8. *The Mariners Book NP 100*, United Kingdom Hydrographic Office, Edit. 8, London 2004, p. 46.

DYNAMIC UNDER KEEL CLEARANCE SYSTEM IN SHALLOW WATERS

Summary

In this paper the elements of real time Under Keel Clearance System in shallow waters has been presented. The calculation of safety UKC and safe speed has been performed. Additionally an appendix has been attached for squat calculation.

Keywords: navigation, vessel traffic service (VTS), dynamic UKC.