

STRESZCZENIE rozprawy doktorskiej
„Modelowanie osiadania statku morskiego na akwenach ograniczonych z wykorzystaniem
numerycznej mechaniki płynów”

Opisane w rozprawie badania dotyczą zagadnień związanych z bezpieczeństwem żeglugi statków morskich na akwenach ograniczonych w kontekście określania zapasu wody pod stępką. Szczególny nacisk został położony na analizę zjawiska osiadania na akwenach ograniczonych takich jak tor podejściowy do portu oraz kanał wodny, z uwzględnieniem przemieszczenia się statku nad dnem o zmiennej geometrii oraz manewru wymijania innego statku w kanale. Uzasadnieniem jest fakt, że rejony koncentracji ruchu statków są typowymi miejscami, w których dochodzi do wypadków morskich. W szczególności akweny ograniczone, zarówno głębokością jak i szerokością dostępnego dla żeglugi pasa ruchu, stanowią miejsca wyjątkowo trudne nawigacyjnie. Jednym z istotnych aspektów owej trudności, jest konieczność zachowania bezpiecznego zapasu wody pod stępką w warunkach niewielkiego stosunku głębokości wody do zanurzenia statku (h/T). Osiadanie statku rośnie wraz ze wzrostem prędkości oraz spadkiem stosunku h/T . Jednakże z punktu widzenia manewrowości statku nie jest uzasadniona nadmierna redukcja prędkości, co powoduje konieczność wypracowania kompromisu. Ocena ilościowa zjawiska osiadania przy małych prześwitach pod dnem statku ma szczególne znaczenie wobec coraz liczniejszych przypadków żeglugi statków o dużym zanurzeniu, poruszających się przy stosunku h/T w zakresie 1,1 do 1,2.

Światowe badania ukazują, że nie istnieje jedna dokładna i uniwersalna metoda wyznaczania osiadania. Z uwagi na dużą liczbę czynników oddziałujących jednocześnie na przepływ wokół statku, w niniejszej pracy jako metodę badawczą zastosowano jedną z bardziej zaawansowanych technik symulacji przepływu, która jest oparta na numerycznej mechanice płynów i polega na rozwiązaniu czasowo-uśrednionych równań Naviera-Stokesa za pomocą metody objętości skończonych.

Zasadniczym celem pracy było opracowanie i weryfikacja metody zastosowania numerycznej mechaniki płynów (CFD), jako naukowej i praktycznej podstawy wyznaczania osiadania statku dla różnych typów statków i akwenów, w tym akwenów ograniczonych o zmiennej geometrii przekroju.

W modelowaniu przepływu wokół poruszającego się statku na akwenie ograniczonym, za pomocą numerycznej mechaniki płynów, zastosowano dwa podejścia. W pierwszym zastosowano typową współcześnie zasadę przepływu odwróconego do wyznaczania osiadania kadłuba. Jednakże dla niewielkich wartości zapasu wody pod stępką stwierdzono, iż metoda nie sprawdza się. W drugim podejściu, dla obliczeń osiadania na akwenie ograniczonym, zastosowano model ruchu statku w sześciu stopniach swobody, umożliwiającą symulację w dziedzinie czasu i uwzględnienie skomplikowanych przypadków geometrii drogi wodnej (np. wejście statku do portu), niewielkich wartości stosunku h/T nawet w zakresie 1,1 do 1,2, a także modelowanie sytuacji szczególnych (np. mijanie statków w kanale).

Istotnym elementem pracy jest nie tylko samo wykonanie obliczeń CFD, ale także weryfikacja poprawności uzyskanych wyników symulacji numerycznych w oparciu o badania eksperymentalne. W ramach weryfikacji przyjętej metody wykorzystano wyniki badań światowych oraz wykonano szereg badań eksperymentalnych i porównań, w których skupiono się na kilku kluczowych zmiennych mających wpływ na badane zjawisko, a mianowicie na sile oporu hydrodynamicznego, układzie falowym i sile wyporu. Na tym etapie wykonano we własnym zakresie badania i obserwacje na kanale obiegowym Politechniki Gdańskiej, modelach redukcyjnych w ośrodku doświadczalnym Fundacji Bezpieczeństwa Żeglugi i Ochrony Środowiska w Iławie na jeziorze Silm oraz na zdalnie sterowanym modelu redukcyjnym kontenerowca poruszającym się na akwenie badawczym.

Wyniki osiadania dla konkretnych przypadków takich jak: tor podejściowy do portu oraz kanał wodny, z uwzględnieniem przemieszczenia się statku nad dnem o zmiennej geometrii oraz manewru wymijania innego statku w kanale wodnym, zweryfikowano w oparciu o publikowane wyniki badań eksperymentalnych w skali rzeczywistej i modelowej.

Uzyskane wyniki oraz przede wszystkim ich pozytywna wieloetapowa weryfikacja, pozwalają stwierdzić, że cele pracy zostały zrealizowane. Wykazano, że zastosowane podejście do osiadania statku może być z powodzeniem zastosowane w pełnym zakresie realistycznych warunków zewnętrznych oraz dla dowolnej geometrii kadłuba statku i dowolnego ukształtowania akwenu.