

## **ЗАСТОСУВАННЯ РІВНЯННЯ БЕРНУЛЛІ ДО ПОЯСНЕННЯ ВПЛИВУ НЕСИМЕТРИЧНОСТІ ОБТІКАННЯ КОРПУСІВ СУДЕН НА ЇХ РУХ**

*Єрмаков О.О., Івашина Ю.К., Кулешова О.М.*

*Морський інститут післядипломної освіти імені контр-адмірала Ф.Ф. Ушакова*

При русі суден, на шляху яких зустрічаються перепони (берега, мілини, судна, що рухаються паралельним курсом) порушується симетричність обтікання корпусів по різних бортах. Це призводить до виникнення небажаних ефектів, які викликають зміну положення судна в просторі. Метою роботи є пояснення цих небажаних ефектів і оцінка величини сили, яка діє на корпус судна.

20 вересня 1911 р пасажирський лайнер «Олімпік», однотипний з відомим „Титаніком”, проходив по фарватеру зі швидкістю 15 вузлів із порту Саутгемптон (Англія) до острова Уайт, здійснюючи рейс через Атлантику до Америки. Близько полудня за кормою лайнера на відстані 3,5 миль було помічено крейсер «Хоук», який йшов тим же курсом зі швидкістю 16 вузлів. Крейсер наближався до лайнера практично паралельним курсом. В той час, коли носова кінцівка крейсера вийшла на траверз корми «Олімпіка», відстань між бортами суден була приблизно 100 м. Але несподівано крейсер різко розвернуло ліворуч, за кілька секунд його ніс зник під кормовим розвалом лайнера й кораблі зіштовхнулись. Через два місяця після аварії суднохідна компанія «Уайт стар лайн» звинуватила командира крейсера командора Бланта в тому, що його корабель таранив пасажирський лайнер. Але командир крейсера і члени екіпажу, які знаходилися на ходовому містку, підтвердили, що при виході носової кінцівки крейсера на траверз корми лайнера, «Хоук» несподівано розвернуло ліворуч і він зіштовхнувся з «Олімпіком». Ця

аварія привернула увагу судноводіїв своєю незвичайністю, тому що цей факт не знаходив пояснень. Експертами була висловлена думка, що на судна, які знаходяться на траверзній відстані 100-150 м подіяли зовнішні сили, обумовлені гідродинамічною взаємодією корпусів суден, які виникають при їх русі.

Так уперше було зафіксовано явище гідродинамічної взаємодії суден при обгоні, яке називається явищем «присмокування».

У 1913 р. в інституті кораблебудівельної архітектури Великобританії професори Гібсон і Томсон змоделивали цю аварію та виявили, що крейсер повинен був стати жертвою гідродинамічних сил присмокування, якщо різниця в швидкостях обох суден була 10 %, та цей ефект мав бути і при траверзній відстані 370—400 м.

Подібна аварія сталася у часи другої світової війни 2 жовтня 1942 р. коли пасажирський лайнер «Куїн Мері», який рухався зі швидкістю 30 вузлів, обганяв крейсер «Кюрасао» (швидкість 25 вузлів).

Розглянуті ефекти пояснюються за допомогою рівняння Бернуллі, згідно з яким в точках рідини, де швидкість більша, а тиск менший. Але рівняння Бернуллі описує рух ідеальної рідини вздовж трубки потоку і розглядає зміну швидкості і тиску в різних точках однієї трубки. При русі судна ефект обумовлений зміною швидкості в різних трубках потоку, тобто не вздовж, а впоперек трубок.

При русі судна граничний шар води захоплюється корпусом. За рахунок сил внутрішнього тертя і лобового опору приводиться до руху більш віддалені від корпусу шари води, між якими існує різниця швидкостей.

Розглянемо дві сусідні трубки потоку, які лежать на одній глибині. В точці 0 тиск  $p_0$ ,  $v=0$ ; В точці 1 - швидкість  $v_1$  тиск  $p_1$ , в точці 2 - відповідно  $v_2$  і  $p_2$ . Для першої трубки [2]:

$$p_0 = p_1 + \frac{\rho v_1^2}{2} \quad (1)$$

Для другої трубки:

$$p_0 = p_2 + \frac{\rho v_2^2}{2} \quad (2)$$

Із (1) і (2) отримуємо:

$$p_2 - p_1 = \frac{\rho}{2}(v_1^2 - v_2^2) \quad (3)$$

Рівняння (3) має вигляд рівняння Бернуллі, є його наслідком, але записано для різних трубок і описує зміну тиску в поперечному для трубок напрямку. Поблизу корпусу, де швидкість води більша, тиск менший.

Оцінимо величину сили, що діє на корпус судна. Нехай довжина борту 50 м, осадка судна 6 м, швидкості шарів води поблизу корпусу 10 і 8 м/с по різних бортах. Рівнодійна сила тиску, що діє на корпус в поперечному напрямку в сторону більш швидкого руху води вздовж борту:

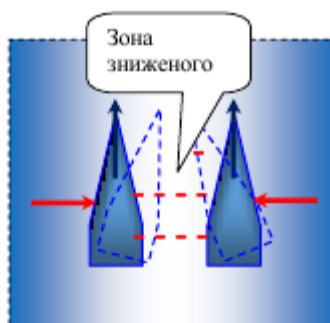


Рисунок 1 - Виникнення гідродинамічного «присмокування» суден при обгоні

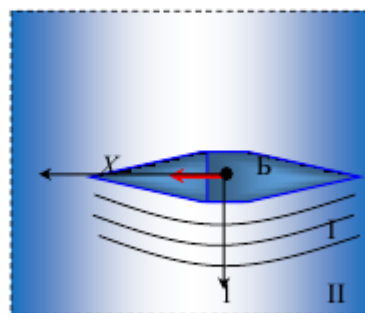


Рисунок 2 - Розташування трубок потоку відносно корпусу

$$F = \Delta p S = \frac{\rho}{2} (v_1^2 - v_2^2) S = \frac{1}{2} 1000 (10^2 - 8^2) 300 = 5,4 \text{ МН}$$

Даний приклад показує, що несиметричність обтікання корпусу судна, зумовлена перешкодами, викликає дуже великі сили, що діють на корпус судна та здатні визвати аварійні ситуації. Судноводіям необхідно враховувати цей факт і при наявності перешкод суттєво зменшувати швидкість судна і збільшувати дистанцію до перешкоди.

**Література:**

1. Вороб'єв Ю.Л. Гідродинаміка судна в стесненому форматорі – Л: Судостроєння. 1992, 224 с.
2. Левицький Б.Ф., Лещій Н.П. Гідраліка Львів: Світ – 1994. 262 с.