

Механіка, машинознавство та електропостачання

УДК 629.12.532.59

С.В. Бугаєв

Військова академія, Одеса

КРУГОВА ПРОДУВКА МОДЕЛІ ПІДВОДНОЇ ЧАСТИНИ БТР-3У В АЕРОДИНАМІЧНІЙ ТРУБІ

У статті наведені результати кругової продувки моделі легкоброньованої плаваючої машини БТР-3У. Результати були отримані при виконанні модельних дослідів у аеродинамічній трубі. Отримані дані можуть застосовуватися при розрахунку водохідних якостей машин, що плавають.

Ключові слова: легкоброньована машина, що плаває, кругова продувка, набігаючий потік, модельні випробовування.

Вступ

Постанова проблеми. Рух по воді плаваючих легко броньованих машин (ЛБМП) найчастіше здійснюється поперек русла ріки, а при експлуатації на великих водоймах і у прибережних зонах морів – з води до берега.

Аналіз літератури. Розглянуті об'єкти за своїми ТТХ призначені для самостійного подолання внутрішніх водоймищ змінної глибини, а також прибережної зони морів з далекістю від берега до 20 км. Швидкість руху їх може становити до 2 м/с [1]. Практично у кожному разі на занурену частину (ЗЧ) ЛБМП буде діяти сила вітру (R_w) і сила, викликана

течією води у водоймі (V_w), (вона виникає в зв'язку з перепадом висот русла ріки, сгінно-нагінним впливом вітру (СН) і коливаннями атмосферного тиску). Напрямок V_w відрізняється від діаметральної площини машини. Найбільш сильні СН явища спостерігаються в прибережних мілководних районах морів і озер, у лиманах і затоках, на гирлових взмор'ях, у дельтах рік, у частинах водоймищ, що близькі до греблі, тобто у районах можливої експлуатації ЛБМП [2].

Взаємодіючи із ЗЧ ЛБМП, потік води викликає виникнення сили й моменту гідродинамічної природи, які приводять до зносу машини і її розвороту навколо центра ваги (рис. 1).

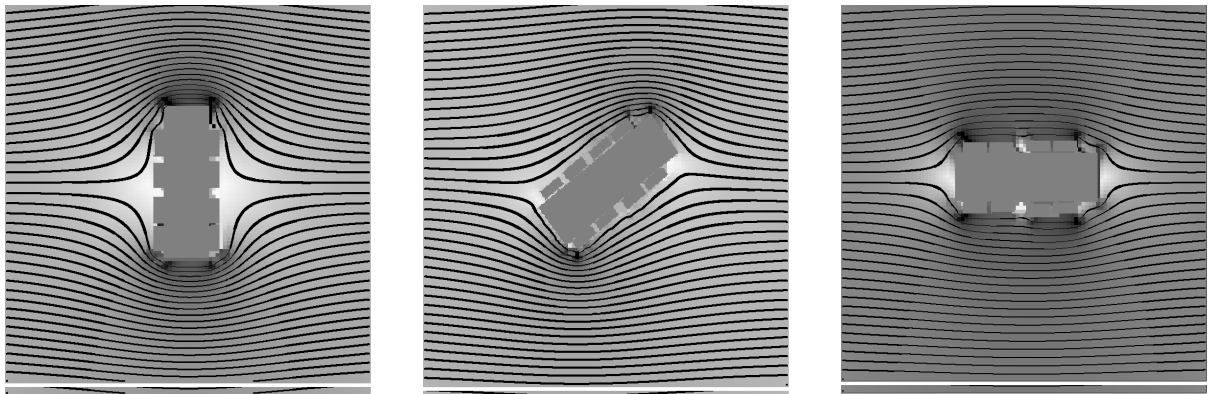


Рис. 1. Чисельне моделювання обтікання корпусу ЛБМП (при положенні щодо потоку від 90° до 0° розворот на правий борт)

Залежно від величини сили течії, обраного курсу машини щодо потоку й ефективності роботи рушійно-рульового комплексу, гідродинамічна сила й викликаний нею момент можуть істотно ускладнити подолання водойми, а при несприятливих випадках можуть навіть привести й до повної втрати керованості

ЛБМП. Вплив косоного обтікання потоком води ПЧ ЛБМП подовжує час подолання водної перешкоди, а при ударі ходової частини об підводну перешкоду, для ЛБМП із невеликим надводним бортом, може привести до їхнього затоплення або перекидання (рис. 2). Вивченню величин сил і моментів,

що діють на занурену частину ЛБПМ, присвячена ця робота.

Мета й завдання дослідження. Метою дослідження є визначення коефіцієнтів поздовжнього

(C_x) і поперечного (C_y) опору зануреної частини ЛБПМ БТР-3У, а також коефіцієнта виникаючого моменту щодо вертикальної осі, яка проходить через центр ваги машини (C_m).



а б
Рис. 2. Положення ЛБПМ на плаву: а – Patria AMV; б – БТР-4

Поставлена мета досягалася рішенням наступних наукових завдань:

– виготовлення моделі зануреної частини ЛБПМ БТР-3У;

– проведення дослідження з визначення впливу швидкості потоку на величину коефіцієнтів поздовжньої (C_x) і поперечної (C_y) сил впливу на модель і моменту щодо вертикальної осі (C_m) при круговій продувці;

– проведення аналізу результатів дослідів.

Основний розділ

Рішення проблеми

Дослідження проводилися в аеродинамічній лабораторії Одеського національного морського університету (ОНМУ) під керівництвом і при особистій участі автора.

Як об'єкт досліджень приймалася модель дубльованої підводної частини ЛБПМ БТР-3в [3]. Модель була виконана в масштабі 1:15. Корпус моделі й колеса виконувалися із щільного пінопласту, покривалися декількома шарами суміші парафіну й воску з наступним шліфуванням, що забезпечувало гладку поверхню. Досліджувана модель кріпилася за допомогою державки до тензометричного динамометра кругових продувок (рис. 3).

У якості вимірювальних приладів застосовувалися мікроманометри типу ММН-240. Продувка в аеродинамічній трубі здійснювалася за стандартною методикою, що застосовується у ОНМУ для кругових продувок плаваючих об'єктів [4, 6], при положенні моделі щодо потоку, який набігає, для наступних кутів: 0° , 15° , 20° , 45° , 60° , 75° , 90° , 105° , 120° , 130° , 150° , 160° , 170° , 180° .

В ході експерименту визначалися значення коефіцієнтів $C_{x\alpha}$, $C_{y\alpha}$ і $C_{m_{z\alpha}}$. Вивчення взаємодії об'єкта, що досліджується, з потоком повітря здійснювалося за схемою експерименту з одним чинником.

Кількість дослідів для кожного кута встановлення моделі визначалася виникненням ефекту «автомоделного обтікання» [6].

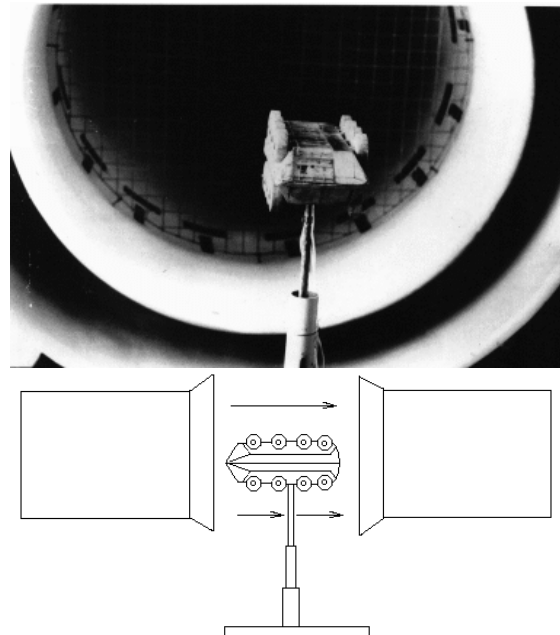


Рис. 3. Модель ЛБПМ в аеродинамічній трубі

Швидкість потоку, що набігає, представлялася у вигляді безрозмірної величини на підставі рівняння Рейнольдса:

$$Re = vL/\nu, \quad (1)$$

де v – швидкість потоку; L – лінійний розмір об'єкта дослідження; ν – в'язкість.

Коефіцієнти C_x , C_y й C_m визначалися для кутів встановлення (α) з рівнянь [6]:

$$F_{x\alpha} = C_{x\alpha} \rho_w 0,5v^2 B; \quad (2)$$

$$F_{y\alpha} = C_{y\alpha} \rho_w 0,5v^2 L; \quad (3)$$

$$M_{z\alpha} = C_{m_{z\alpha}} \rho_w 0,5v^2 Lh, \quad (4)$$

де $F_{x\alpha}$, $F_{y\alpha}$, $M_{z\alpha}$ – величини сил і моменту, що діють на модель; $C_{x\alpha}$, $C_{y\alpha}$, $C_{m_{z\alpha}}$ – безрозмірні коефіцієнти сил і моменту; ρ_w – щільність середовища; h – осад,

α – індекс, що відповідає куту установки моделі щодо потоку.

З формул (2) – (4) значення Cx_α , Cy_α і $Cm_{z\alpha}$ визначалися відповідно:

$$Cx_\alpha = Fx_\alpha / \rho_w 0,5v^2; \quad (5)$$

$$Cy_\alpha = Fy_\alpha / \rho_w 0,5v^2 L; \quad (6)$$

$$Cm_{z\alpha} = Mz_\alpha / \rho_w 0,5v^2 Lh. \quad (7)$$

Обробка результатів проведених експериментів проводилася по типовій програмі що застосовується

у аеродинамічній лабораторії ОНМУ [5]. Для виключення систематичних помилок, викликаних зовнішніми умовами (зміною температури, вологості й тиску повітря), досліди були рандомізовані. При організації досліджень складався план проведення експериментів, у кожній точці якого для зменшення погрешності проводилися не менш 4 дослідів з наступною їхньою обробкою.

Отримані результати представлені у табл. 1 й на рис. 4.

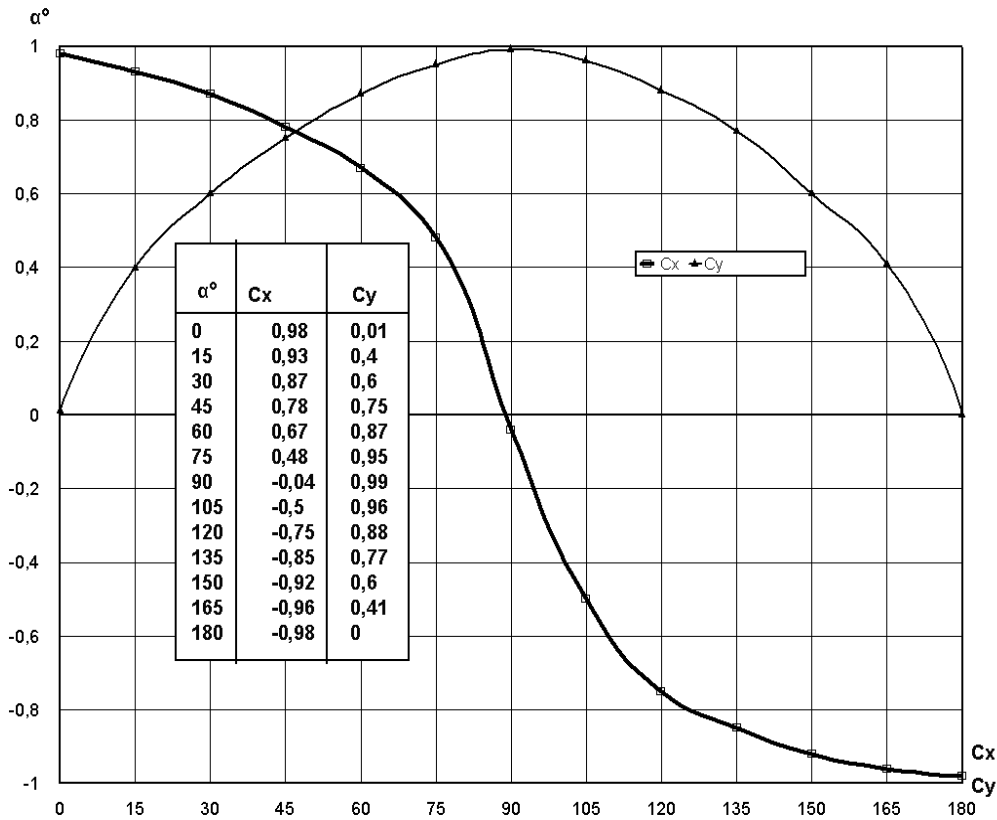


Рис. 4. Результати експерименту

Таблиця 1

Продовження табл. 1

Результати дослідів кругової продувки моделі підводної частини БТР-3У

Re	Cx_α	Cy_α	Cm_α
Кут моделі $\alpha=0^\circ$ відносно потоку			
17,4	0,9411	0	0
18,437	0,933	0	0
19,5	0,934	0	0
20,199	0,933	0	0
Кут моделі відносно потоку $\alpha=15^\circ$			
14,913	0,674	0,329	-0,0484
15,770	0,673	0,333	-0,0489
18,166	0,680	0,332	-0,0485
20,203	-0,6851	0,333	-0,053
Кут моделі відносно потоку $\alpha=30^\circ$			
14,913	0,674	0,329	-0,0484
15,770	0,673	0,333	-0,0489
18,166	0,680	0,332	-0,0485
20,203	-0,6851	0,333	-0,053

Re	Cx_α	Cy_α	Cm_α
Кут моделі $\alpha=45^\circ$ відносно потоку			
12,302	0,814	0,867	-0,091
13,511	0,816	0,866	-0,089
14,539	0,812	0,842	-0,0860
15,343	0,818	0,852	-0,0861
Кут моделі відносно потоку $\alpha=60^\circ$			
12,209	0,514	1,043	-0,075
12,973	0,524	1,009	-0,076
13,694	0,533	0,990	-0,074
14,546	0,518	0,958	-0,0728
Кут моделі $\alpha=75^\circ$ відносно потоку			
12,909	0,140	1,010	-0,0509
13,369	0,162	1,019	-0,0514
14,496	0,174	0,965	-0,0497
Кут моделі відносно потоку $\alpha=90^\circ$			
12,757	-0,229	0,973	-0,0141
13,308	-0,229	0,971	-0,0149
14,677	-0,226	0,931	-0,0155

Закінчення табл. 1

Re	$C_{x\alpha}$	$C_{y\alpha}$	$C_{m\alpha}$
Кут моделі відносно потоку $\alpha=105^\circ$			
10,516	-0,595	0,972	0,0668
12,296	-0,625	1,018	0,0690
13,139	-0,593	1,002	0,0668
14,758	-0,642	0,924	0,0560
Кут моделі відносно потоку $\alpha=120^\circ$			
10,154	-0,896	0,907	0,1227
12,675	-0,882	0,962	0,1263
13,936	-0,867	0,962	0,1231
14,852	-0,873	0,940	0,1216
Кут моделі відносно потоку $\alpha=130^\circ$			
10,829	-1,110	0,802	0,1325
12,279	-1,126	0,879	0,1361
14,009	-1,102	0,835	0,1343
15,777	-1,104	0,823	0,1349
Кут моделі відносно потоку $\alpha=140^\circ$			
15,770	14,919	-1,176	0,752
16,232	15,701	-1,201	0,743
17,217	16,152	-1,214	0,747
18,015	17,227	-1,241	0,725
Кут моделі відносно потоку $\alpha=150^\circ$			
13,924	-1,096	0,779	0,1617
14,919	-1,0542	0,783	0,1577
15,777	-1,0693	0,780	0,1549
16,226	-1,045	0,777	0,1544
Кут моделі відносно потоку $\alpha=160^\circ$			
14,179	-0,976	0,492	0,1166
15,770	-0,984	0,491	0,1159
17,281	-1,016	0,507	0,1145
18,025	-1,050	0,517	0,1142
Кут моделі відносно потоку $\alpha=170^\circ$			
13,744	-0,805	0,208	0,0616
14,166	-0,859	0,229	0,0662
15,831	-0,855	0,238	0,0668
18,017	-0,802	0,219	0,0631
Кут моделі відносно потоку $\alpha=180^\circ$			
17,631	-0,952	-0,006	-0,0040
18,548	-0,946	-0,006	-0,0036
20,212	-0,934	-0,005	-0,0031
21,361	-0,928	-0,004	-0,0027

Висновки

Проведені дослідження дозволили визначити значення коефіцієнтів поздовжньої $C_{x\alpha}$ і поперечної

сил $C_{y\alpha}$, а також виникаючого у вертикальній площині моменту $C_{m\alpha}$, що діє на ЛБПМ при її русі в потоці.

Отримані значення $C_{x\alpha}$, $C_{y\alpha}$ і $C_{m\alpha}$ можуть бути використані при розрахунку відповідних сил і моменту, що діють на геометрично подібні ЛБПМ (БТР-3Е, БТР-3Е1, БТР-3М2, БТР-3ДО, БТР-70, БТР-80, БТР-80А, БТР-82, БТР-82А, БТР-82, і ін.).

Результати можуть бути використані як вихідна інформація для розробки математичних моделей, що описують динаміку руху подібної ЛБПМ по воді.

Результати дослідження можуть бути використані при розрахунку пропульсивних якостей рушійно-рульового комплексу ЛБПМ.

Отримані результати можуть бути застосовані для оцінки безпеки експлуатації машин даного класу на водоймищах в умовах змінної швидкості плину (повінь, руйнування дамб і гребель).

Список літератури

1. Крижний А.В. Развитие і перспективи виробництва в Україні плавних бойових машин / А.В. Крижний, С.В. Бугаєв // Наука й оборона. – К., 2005. – № 4. – С. 53-56.
2. Судольский А.С. Динамические явления в водоемах / А.С. Судольский. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1991. – 263 с.
3. Проспекты новых образцов БТТ разработки ХКБМ им. Морозова. – Х.: ХКБМ, 1999.
4. Трещевский В.Н. Аэродинамический эксперимент в судостроении / В.Н. Трещевский, Л.Д. Волков, А.И. Короткин. – Л.: Судостроение, 1976. – 145 с.
5. Беляев Г.В. Цифровая система «Поток» для исследования моделей судов / Г.В. Беляев, Г.И. Качулин, Ю.Ф. Мотивенко. – Л.: Судостроение, 1970. – 114 с.
6. Соляник П.Н. Экспериментальная аэродинамика / П.Н. Соляник, М.Л. Сургайло, В.В. Чмовж. – Х., тип. ХАИ, 2007. – 92 с.

Надійшла до редколегії 11.07.2013

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.М. Фоменко, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

КРУГОВАЯ ПРОДУВКА МОДЕЛИ ПОДВОДНОЙ ЧАСТИ БТР-3У В АЭРОДИНАМИЧЕСКОЙ ТРУБЕ

С.В. Бугаев

В статье приведены результаты круговой продувки модели легкобронированной плавающей машины БТР-3У. Результаты были получены при выполнении модельных исследований в аэродинамической трубе. Полученные данные могут применяться для расчетов водоходных качеств плавающих машин.

Ключевые слова: легкобронированная плавающая машина, круговая продувка, набегающий поток, модельные испытания.

CIRCULAR BLOWING OF MODEL OF SUBMARINE PART OF BTR-3U IN WIND-CHANNEL

S.V. Bugaev

In the article the brought results over of the circular blowing out of model of easy armored floating machine of BTR-3U. Results driven are to work, were got at implementation of model researches in a wind-channel, Obtained data can be used for the calculations of the

Keywords: easy armored floating machine, aerodynamic tests, corps, meeting appearing suddenly stream, dynamic trim, model.