

МОДЕЛИРАНЕ НА ПРОИЗВОЛНА ПРИСТАНИЩНА МАНЕВРА НА ПРОИЗВОЛЕН СЪД В ПРИСТАНИЩЕ ВАРНА.

Николай Беджев, Иван Попов, Анастас Крушев

Технически Университет - Варна, Факултет по морски науки и екология, 9010, Варна,
bedzho@bedzho.com

ABSTRACT:

There are many mathematical ship models, but at all the analytical prediction of vessel dynamics still is unclear. The authors suggest, that a simulation with some approximations that can be used for universal assessments of ships manoeuvres. The present model is for wide range of ships sizes and has entrance data, which is available on ship's AIS. The authors believe that it can be powerful for arrangement and the use of port tugs during ship's manoeuvre.

Key words: port, tugs, simulation, safety, shiphandling

1. Общи формулировки на задачата.

С помощта на математически модел да се състави универсално решение обединяващо колкото може по-широк клас кораби и да разполага с възможно най-много преобладаващи фактори взети под влияние. Математическият модел да е достатъчно ясен, че експертно лице да може да вземе експертно решение за кратък срок. Необходимо е да бъде достатъчно нагледен, че да показва действащите сили и да позволява статично сравнение на действащите моменти и да позволява динамична симулация за широк диапазон ситуации.

На тази база да се направят изводи за достатъчната ефективност на използваните буксири в зависимост от преобладаващия вятър. За извършване на оценка на възможността за заставане и снемане, трябва да се вземе предвид газенето на кораба и стойността на диферент, влиянието на плитководиети и броя и начина на закрепване на буксириите.

В предвид сложността на задачата, математическият модел може да се направи със следните допускания: влиянието на свободната повърхност и вълновото съпротивление могат да се пренебрегнат; кренящият момент от перото на руля е достатъчно малък и допълнителното съпротивление от крен на кораба може да се пренебрегне; няма обособени течения в акваторията на пристанище Варна, с което ефектът на течението може да не се отчитат и ефектът на близостта на кейовите стени и каналите се счита за неопределящ в случая и може да се пренебрегне.

На база на тези допускания, математическият модел следва да е в равнината, с три степени на свобода: напречно и надлъжно сместване и въртене около зададена ос, с радиус вектор на подвижната координатна система.

2. Съставяне на уравненията за движение.

Общият вид на модела на нашата система ще се описва със следното тензорно уравнение.

$(M_S + M_A)v + (C_S v + C_A v)v = \tau_{hyd} + \tau_{wind} + \tau_{wave} + \tau_{propeller} + \tau_{rudder}$, където лявата част на уравненията ще има вида, в случай че началото на координатната система е свързана с мидела на съда:

$$\begin{matrix} X_s & m & 0 & 0 & u & 0 & 0 & -m(x_g r + v) & u \\ Y_s & 0 & m & mx_g & v & 0 & 0 & mu & v = M_S + C_S(v) \\ N_s & 0 & mx_g & I_z & r & m(x_g r + v) & -mu & 0 & r \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} X_A & X_u & 0 & 0 & u & & 0 & 0 & -Y_v v - \frac{Y_r + N_v}{2} r & u \\ Y_A & = & 0 & Y_v & Y_r & v + & 0 & 0 & X_u u & v \\ N_A & & 0 & N_v & N_r & r & Y_v v + \frac{Y_r + N_v}{2} r & -X_u u & 0 & r \end{matrix} = M_A + C_A(v),$$

$$Y_r = N_v$$

Тогава радиус вектора на началото на подвижната координатна система ще се дефинира с: $\eta = [x \ y \ \psi]^T$ е позиционния вектор и вектора на линейната скорост да бъде: $v = [u, v, r]^T$, където u, v и r са съответно фронталната, латералната и ъгловата скорост на кораба, а ψ ще има смисъл на курс. Векторът на главните сили по двете оси и техния момент е $\tau = [X \ Y \ N]^T$

Тензорите с индекс S представляват масовите, инерционни, кориолисови и центробежни усилия при движението на кораба сам по себе си.

Тензорите с индекс A представляват масовите, инерционни, кориолисови и центробежни усилия от действието на флуида. X_u, Y_v са съответно присъединените маси по двете оси, $Y_r = N_v$ са присъединените статични моменти и N_r е присъединения инерционен момент.

По трите оси съответно:

$$\begin{aligned} m + X_u u - mvr &= X = X_H + X_R + X_P + X_W + X_T \\ m + Y_v v + mur + Y_r r &= Y = Y_H + Y_R + Y_P + Y_W + Y_T \\ (I_z + N_r)r + Y_r v &= N = N_H + N_R + N_P + N_W + N_T \end{aligned}$$

Където H, R, P, W, T , са съответните индекси за корпус, перо, винт и вятър.

Моделът на корпуса се симулира със следните уравнения:

$$\begin{aligned} X_H &= \frac{\rho}{2} L T X'_{eF} + X'_{eA} - X'_{eF} \beta \pi u U + Y'_v - X'_{vr} L v r \\ Y_H &= \frac{\rho}{2} L T Y'_v v u + Y'_r - X'_u L r u - \frac{C_D}{L} v + C_{rY} r x v + C_{rY} r x dx \\ N_H &= \frac{\rho}{2} L^2 T N'_v v u + N'_r L r u - \frac{C_D}{L^2} v + C_{rY} r x v + C_{rY} r x x dx \end{aligned}$$

Където X'_e е бездимензионното челно съпротивление.

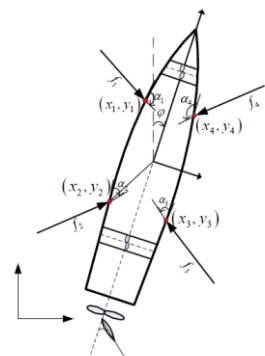
Винтово-рулевата група е симулирана със следната матрица:

$$\tau_{propeller} = \begin{matrix} X_P & 1 - t \rho K_T D_P^4 n^2 \\ Y_P & 0 \\ N_P & 0 \end{matrix} ; \tau_{rudder} = \begin{matrix} X_R & -1 - t_R F_N \sin \delta \\ Y_R & -1 + a_H F_N \cos \delta \\ N_R & -x_R + a_H x_H F_N \cos \delta \end{matrix} ;$$

Кривите на действие на гребния винт могат да се намерят от пресечните графично или аналитично със стандартна серия дискове. По [b-series], регресионните полиноми са съответно за: $K_T = {}_{s,t,u,v} C_{s,t,u,v}^T J^s P D^t A_E A_O^u Z^v$ 39 събираеми и 47 събираеми за $K_Q = {}_{s,t,u,v} C_{s,t,u,v}^Q J^s P D^t A_E A_O^u Z^v$, δ – ъгъл на отклонение на перото; $x_R \approx -\frac{L}{2}$ позиция на руля; t_R, a_H и x_H – коефициенти на взаимодействиите сили на винта, руля и корпуса.

Вятърът е симулиран и проекциите на аеродинамичните сили могат да се представят в следния вид:

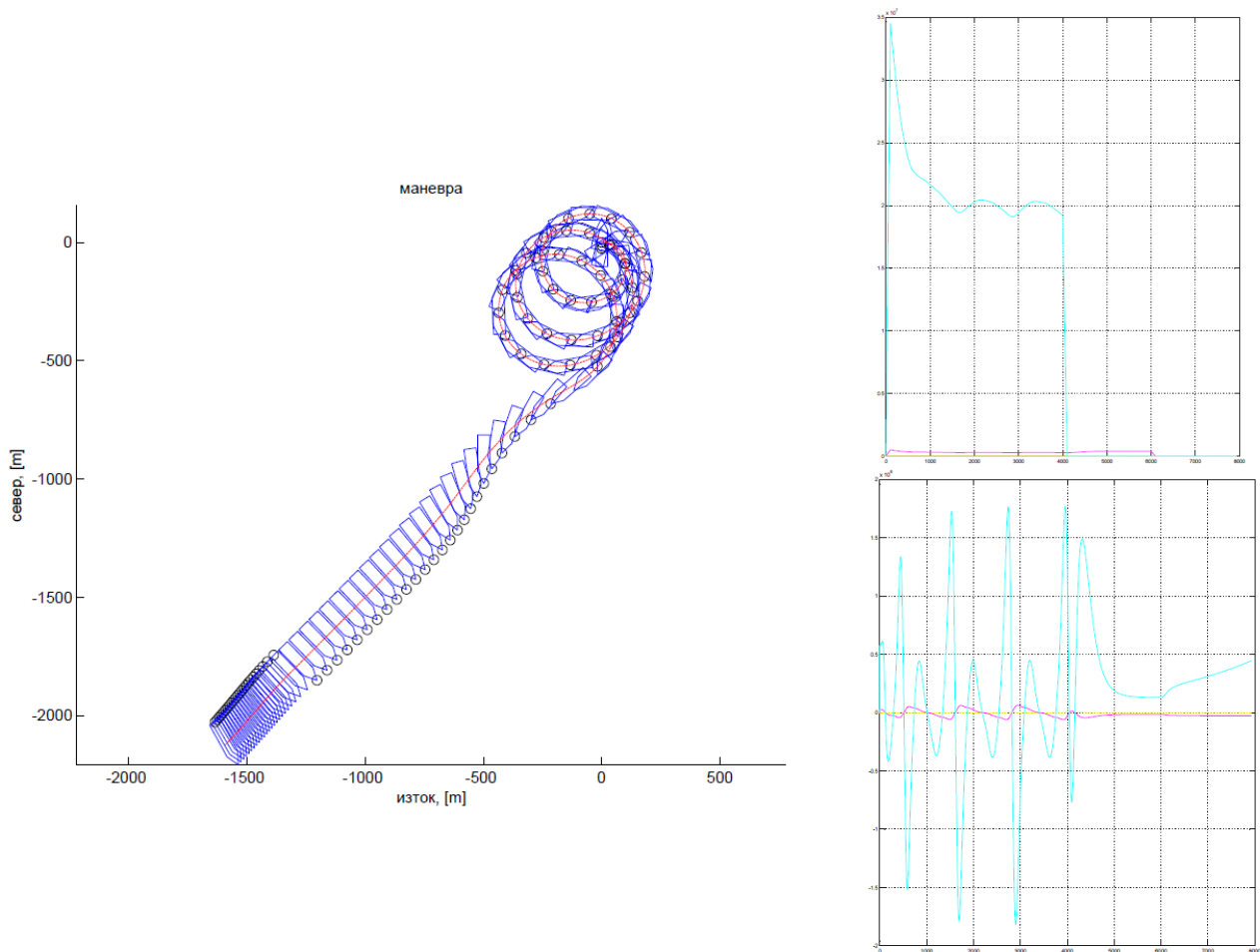
$$\tau_{wind} = \begin{matrix} X_W & C_{WX} \psi_A q_A A_F \\ Y_W & C_{WY} \psi_A q_A A_L \\ N_W & C_{WN} \psi_A q_A A_L L_{OA} \end{matrix} \quad \text{и} \quad \text{буксирите}$$



$\tau_{tugs} = X_T, Y_T, N_T^T$ при съвместното въздействие на четирите влекача , където векторът $f = f_1, f_2, f_3, f_4^T$ представлява еднопосочната сила на всеки един от влекачите, като в симулацията е направено експоненциална загуба на ефективност на буксирите при увеличаване на фронталната скорост.

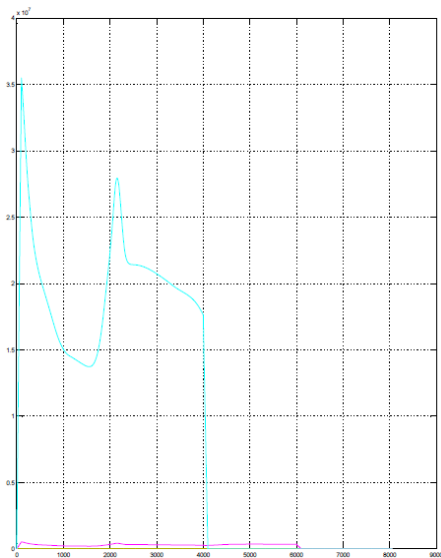
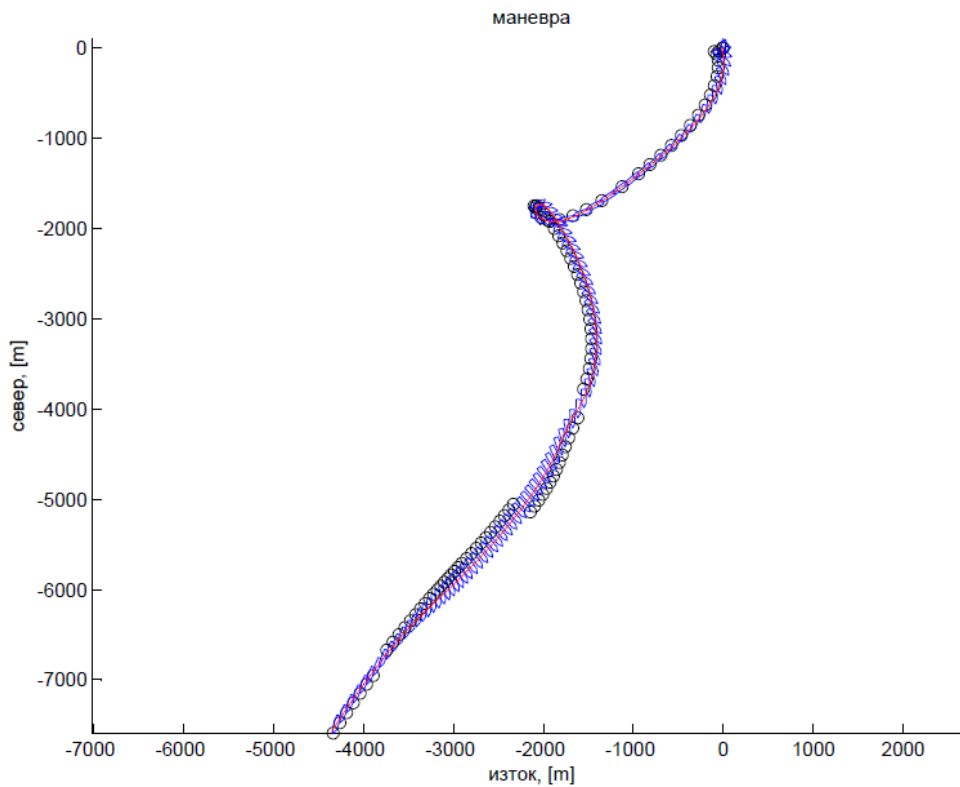
$$\tau_{tugs} = \begin{matrix} \cos \alpha_1 & \sin \alpha_1 & -l_{y1} \cos \alpha_1 & + l_{x1} \sin \alpha_1 & f_1 \\ \cos \alpha_2 & \sin \alpha_2 & -l_{y2} \cos \alpha_2 & + l_{x2} \sin \alpha_2 & f_2 \\ \cos \alpha_3 & \sin \alpha_3 & -l_{y3} \cos \alpha_3 & + l_{x3} \sin \alpha_3 & f_3 \\ \cos \alpha_4 & \sin \alpha_4 & -l_{y4} \cos \alpha_4 & + l_{x4} \sin \alpha_4 & f_4 \end{matrix}$$

Графики 1

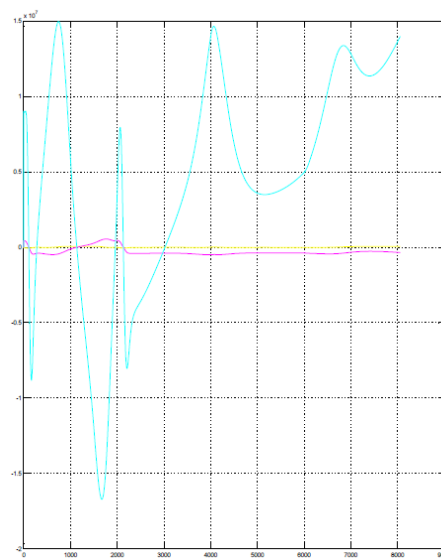


3. Онагледяване и изводи.

В настоящия доклад, диференциалните уравнения са решени и онагледени, за хипотетичен съд с размери максимални при преминаване на Панамския канал. В така представения математически модел могат да се симулират едновременно действие на винтово-рулевата група, вятъра, буксирите, газенето, диферента и влиянието плитководието. Освен това е постигната универсалност за произволен съд, разбира се за сметка на точността, но по мнението на авторите е напълно достатъчна за прогнозиране и оценка безопасността за снемане, заставане и плаване по каналите в пристанище Варна. На графиките е изобразена една и съща маневра, с предварително зададени буксири при скорост на вятъра 3 m/s (Графики 1) и същата при 12 m/s (Графики 2). Така също са изобразени зададените сили от буксирите и силите и моментите на наблюдавания вятър.



Буксири



Вятър

Графики 2

Използвана литература.

1. Желязков М., Методиев П., Маринов М., Теория и устройство на кораба, Висше военноморско училище, Н.Й.Вапцаров, 2000
2. Маринов М., Петков П., Техническа Хидромеханика, ВВМУ „Н.Й.Вапцаров”, 1996
3. Попов В., Теоретична механика, София, 2009Василиев А.В., Управляемост судов, 1989

4. Вьюгов В., Гидродинамические аспекты теории судовождения на внутренних водных путях, Новосибирская государственная академия водного транспорта, 1999
5. Короткин А.И., Присоединенные массы судна, Справочник, А.И. Ленинград Судостроение, 1986
6. Тихонов В., Математическое моделирование системы судно-жидкость для судоводительских тренажеров. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук, Н. Новгород, 2009
7. Abkowitz M., Stability and motion control of ocean vehicles, Massachusetts Institute of Technology, 1969
8. Ankudinov V.K., Miller, E.R., Jakobsen, B.K и Daggett, L.L. в "Maneuvering performance of tug/barge assemblies in restricted waterways".
9. Bernitsas M.M., Ray D., Kinley P., K_T , K_Q and efficiency curves for the Wageningen B-Series propellers, University of Michigan, 1981
10. Bertram V., Practical Ship Hydrodynamics, Oxford, 2000
11. Bui V., Kawai H., Kim Y., Lee K., Ship berthing system with four tug boats, V., National University, Busan, Korea, 2010
12. Fossen Th. I., Guidance and control of ocean vehicles, University of Trondheim Norway, 1994
13. Fossen Th. I., Handbook of marine craft hydrodynamics and motion control, John Wiley & Sons, Ltd, 2011
14. Fossen Th. I., Marine Control Systems, Guidance, Navigation and control of ships, rigs and underwater vehicles, Norwegian University of science and technology Trondheim, Norway, 2002
15. Fossen Th. I., Sagatun S., Sorensen A., Design of a dynamic positioning system using model-based control, Norwegian institute of technology, Trondheim, Norway, 1996
16. Fujiwara T., Ueno M., Nimura T., An estimation method of wind forces and moments acting on ships, Mini symposium on prediction of ship manoeuvring performance, 2001
17. Fujiwara T., Ueno M., Ikeda Y., A new estimation method of wind forces and moments acting on ships on the basis of physical component models, Journal of the Japan society of naval architects and ocean engineers, 2005
18. Fujiwara T., Ueno M., Ikeda Y., Cruising performance of a large passenger ship in heavy sea, Proceedings of the 16th International offshore and polar engineers conference, San Francisco, 2006
19. Fujiwara T., Tsukada Y., Kitamura F., Sawada H., Ohmatsu S., Experimental investigation and estimation on wind forces for a container ship, National Marine Research Institute Mitaka, Tokyo, Japan, 2009
20. Guide for vessel maneuverability, ABS, 2006
21. Holtrop J., Mennen G.G.J., An approximate power prediction method, 1982
22. Inoue S., Kijima K., Moriyama F., Presumption of hydrodynamic derivatives on ship manoeuvring in trimmed condition, Japan society of naval architects and ocean engineers, 1987
23. Interim Guidelines for Estimating Manoeuvring Performance in Ship Design, IMO MSC/Circ 389, 1985
24. ITTC, Proceedings 23th ITTC, The manoeuvring committee, Venice, 2002
25. Kijima K., Nakiri Y., On the practical prediction method for ship manoeuvring characteristics, MARSIM 2003
26. Kornev N., Lectures on ships maneuverability, Faculty of mechanical engineering and marine technology, Chair of modeling and simulation, Rostock, 2013
27. Oltmann P., Sharma S., Simulation of combined engine and rudder maneuvers using an improved model of hull-propeller-rudder interactions, Technische Universitat Hamburg, 1984
28. Rules for Classification of Ships newbuildings, Hull equipment and appendages, DNV, 2000

29. Triantafyllou M., Hover F. S., Maneuvering and control of Marine vehicles, Department of Ocean engineering Massachusetts Institute of technology Cambridge, Massachusetts, USA, 2003
30. Yoshimura Y., Ma N., Manoeuvring prediction of fishing vessels, MARSIM, 2003
31. Yoshimura Y., Masumoto Y., Hydrodynamic database and manoeuvring prediction method with medium high-speed merchant ships and fishing vessel, MARSIM, 2012
32. Yoshimura Y., Matematical model for the manoeuvring ship motion in shallow water (3rd report) [Manoeuvrability of twin-propeller twin-rudder ship], Hiratsuka R&D center of Sumitomo heavy industries Ltd., 1988
33. Yoshimura Y., Mathematical model for manoeuvring ship motion (MMG Model), Workshop on mathematical models for operation involving ship-ship interaction, Tokyo, 2005
34. Yoshimura Y., Nakao I., Ishibashi A., Unified mathematical model for ocean and harbor manoeuvring, MARSIM, 2009