



УДК 629.122

Клементьев Александр Николаевич, доктор технических наук, профессор кафедры Судовождения и безопасности судоходства.

Волжский государственный университет водного транспорта
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5.

Пузанков Роман Александрович, аспирант кафедры Судовождения и безопасности судоходства,

Волжский государственный университет водного транспорта
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВИНТО-РУЛЕВЫХ КОЛОНОК ДРУГ С ДРУГОМ

Аннотация: В материале представлен анализ расчетов и экспериментов зарубежных ученых по определению взаимодействия винто-рулевых колонок друг с другом. Представлено сравнение этих расчетов с результатами экспериментов, выполненных в Крыловском государственном научном центре, сделан вывод о возможности дальнейшего использования приведенных зависимостей для решения вопросов маневрирования судов с винто-рулевыми колонками.

Ключевые слова: винто-рулевые колонки, ВРК, взаимодействие ВРК, потеря упора, управляемость

Последние два десятилетия российские суда река-море плавания активно пополняются танкерами и сухогрузами, большая часть которых оборудуется азимутальными винто-рулевыми колонками (ВРК).

За время эксплуатации судов проектов RST и RSD у капитанов накопился ряд вопросов по управлению ВРК, связанных со случаями непредсказуемого поведения судна во время переключений ВРК на большие углы при маневрировании на малых скоростях. Анализ отечественных и зарубежных работ [1],[2], [3],[4],[6] говорит о том, что потеря управляемости может возникнуть из-за пренебрежения влиянием взаимодействия ВРК друг на друга и на корпус судна.

В данной статье рассматривается опыт исследователей по определению взаимодействия ВРК между собой, сравнение результатов экспериментов и расчетов отечественных и зарубежных ученых.

Начиная с конца 1970-х годов, взаимодействию ВРК между собой было посвящено много испытаний, которые отражены в работах ученых, перечисленных в [3],[4],[5].

Зависимости, описанные ниже, выведены на основе модельных экспериментов, проведенных в разное время в различных институтах учеными Nienhuis U. [4] и Lehn E. [5]. Результаты их экспериментов показали хорошее схождение между собой [3].

В независимых условиях и в разное время они провели модельные эксперименты для двух ВРК, когда одна колонка находится в потоке от другой. Результаты данных

экспериментов хорошо сходятся друг с другом и на их основе выведена зависимость для потери упора ВРК, попавшей под поток от другой [3], (рис. 1.):

$$t = \frac{T}{T_0} = 1 - 0.75 \left(\frac{x}{D}\right)^{2/3} \quad (1)$$

- где T - упор ВРК, работающего в потоке, создаваемым другим ВРК, кН;
 T_0 - упор ВРК в открытой спокойной воде, кН;
 t - коэффициент потери упора ВРК;
 x - расстояние между ВРК, м;
 D - диаметр винта, м.

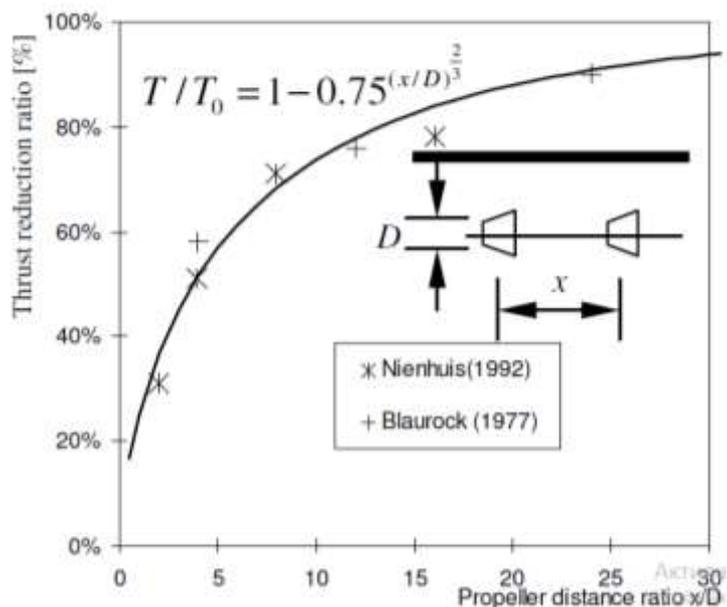


Рис.1 Зависимость потери упора от расстояния между ВРК (когда ВРК находятся под плоским дном судна) [4]

На основе исследований [4], [5] была получена формула (2), описывающая потерю упора, при изменении угла перекладки «активной» ВРК (той, в потоке которой находится исследуемая ВРК) [3]:

$$t_\varphi = t + (1 - t) * \frac{\varphi^3}{\frac{130}{t^3} + \varphi^3} \quad (2)$$

- где, φ - угол перекладки «активной» ВРК относительно продольной оси другой, град;
 t - коэффициент потери упора ВРК, вычисленный по формуле (1);
 t_φ - коэффициент потери упора ВРК при данном угле перекладки.

Взаимодействию ВРК между собой уделено внимание в работе [6]. В данной работе описан эксперимент, произведенный с помощью опытовой установки в Крыловском государственном научном центре.

В установке одна из колонок была установлена на динамометре, измеряющем упор, колонки имели винты одинакового диаметра. Обороты винтов колонок варьировались в процессе испытаний и измерялись тахогенератором. Расстояние между колонками составляло три диаметра винта.

Результаты работы показали, что тяга колонки, расположенной на борту, на который переложены обе колонки, уменьшается при любой частоте вращения на величину до 0,45-0,55 тяги колонки другого борта. Для оценки «запретных секторов» работы ВРК была определена потеря тяги колонки, работающей в струе, путем поворота «активной» ВРК вокруг своей оси с шагом в 5 град. Определялось падение тяги на второй ВРК за счет взаимодействия со струей. Результат показан на графике (рис. 2)

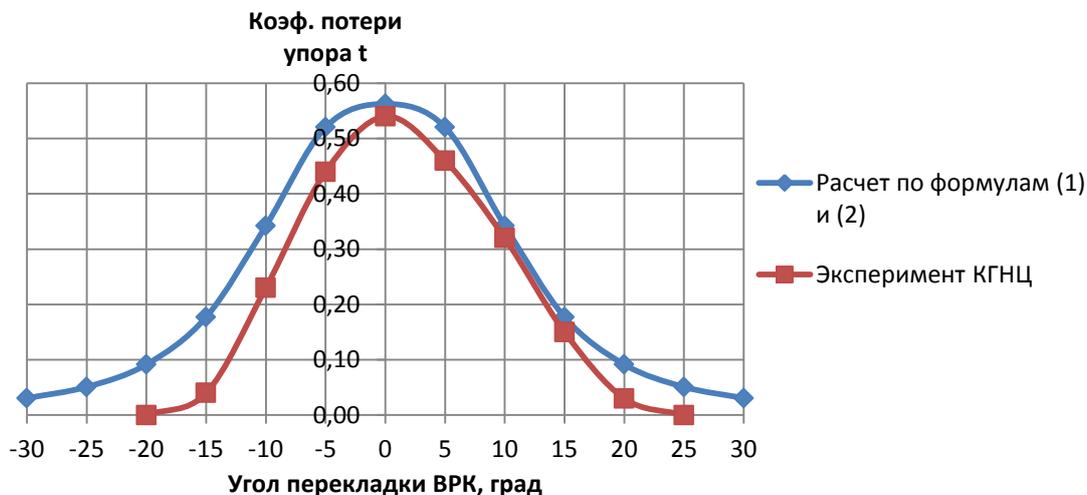


Рис. 2 Коэффициент потери упора ВРК, работающей в струе другой, в зависимости от угла перекадки последней.

Как видно из рис. 2, пиковые значения потери упора практически совпадают.

В секторах работы «активной» ВРК более $+20^\circ$ и менее -20° разница расчетов по формуле (2) с экспериментом [1] составляет менее 10% в безопасную сторону.

Таким образом, можно рекомендовать формулы (1) и (2) для оценки границ «запретных» секторов работы ВРК судов. Используя эту зависимость, легко определить углы перекадки ВРК, которые нежелательно использовать при работе двух ВРК одновременно, так как в «запретных секторах» начинается значительное влияние одной ВРК на другую (потеря тяги второй).

Информацию о коэффициентах потери упора ВРК в будущем можно будет использовать при разработке алгоритмов управления беспилотных судов река-море плавания, а в наши дни – для разработки рекомендаций по управлению ВРК при маневрировании на малых скоростях и уточнения математической модели движения судна с ВРК.

Список литературы:

- [1] A. Koop, H. Cozijn, P. Schrijvers, G. Vaz “Determining Thruster-Hull Interaction for a Drill-Ship Using CFD”// https://www.researchgate.net/publication/316240505_Determining_Thruster_Hull_Interaction_for_a_Drill-Ship_Using_CFD.
- [2] P. Maciel, A. Koop, G. Vaz 2013 “MODELLING THRUSTER-HULL INTERACTION WITH CFD” // Proceedings of the ASME 32nd International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering, 2013 .
- [3] J. Dang & H. Laheij “Hydrodynamic Aspects of Steerable Thrusters” // Dynamic Position Conference 2004, с. 20-21 .
- [4] Nienhuis U. “Analysis of Thruster Effectivity for Dynamic Positioning and Low Speed Manoeuvring” // Dissertation of Technical University Delft, 1992 .

[5] Lehn E. “Thruster Interaction Effect” // The Ship Research Institute of Norway, NSFI Report-102.80, 1980 .

[6] Соляков, Кутин, Ефремов, Магаровский «Исследование взаимодействия ВРК с корпусом судна и между собой в режиме ДП» Научно-технический сборник Российского морского регистра судоходства. Выпуск 46, 2017.

RESEARCH OF THRUSTER-THRUSTER INTERACTION

Alexander N. Klementyev, Roman A. Puzankov

Keywords: thrusters, thruster-thruster interaction, thrust loss, thrust reduction, maneuverability

The article contains analysis of thruster-thruster interaction model tests and calculations carried out by foreign researchers. Comparison of these researches with experiments of Krylov Research Centre is presented. The conclusion tells about the opportunity of further application of the formulae for solving problems of ship’s maneuverability.