

УДК 632.5

**Чебан Егор Юрьевич**<sup>1</sup>, доцент, доктор технических наук, профессор кафедры гидродинамики, теории корабля и экологической безопасности судов,  
e-mail: egor.cheban.2@gmail.com

**Жигалов Денис Олегович**<sup>1</sup> аспирант кафедры гидродинамики, теории корабля и экологической безопасности судов,  
e-mail: den4uk.86@yandex.ru

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Волжский государственный университет водного транспорта», г. Нижний Новгород, Россия.

## ОБЗОР ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ТЕМЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СУДОВ НА ВОЗДУШНОЙ ПОДУШКЕ МАЛОГО КЛАССА

*Аннотация.* Суда на воздушной подушке малого класса (длительностью до 10 м) являются предметом исследования водным транспортным средством, и часто используются в качестве пассажирских, аварийно-спасательных и т.д. Несмотря на большое число изготавливаемых, проектируемых и используемых судов такого класса, ряд вопросов мореходности, гидро- и аэродинамики, влияющих на их конструкции, остается не до конца исследованным. В докладе представлен краткий обзор научных работ, посвященных вопросам обсуждения вопросов воздушной подушке малого класса.

*Ключевые слова:* суда на воздушной подушке, гидродинамика, амфибийность, гибкое ограждение

Суда на воздушной подушке (СВП) малого класса обладают высокой маневренностью и проходимостью, что позволяет использовать их для пассажирских перевозок с высадкой на необорудованный берег, а также в военных, природоохранных, спасательных целях (патрулирование, разминирование, транспортировка грузов и персонала). Однако для успешной эксплуатации необходимо учитывать их аэрогидродинамические качества: сопротивление движению, маневренность, управляемость и т.д.

Вопросы улучшения аэрогидродинамических качеств СВП малого класса является предметом большого числа исследований. Развитие новых типов судов и технологий позволяют создавать СВП, отвечающие разнообразным, зачастую противоречащим друг другу требованиям.

Например, в 2017 году В.О. Еремеев, Ф.С. Пеплин, А.В. Туманин [1] представили результаты исследования динамики СВП с юбкой баллонного типа. Основной целью данной работы являлось разработка модели динамики СВП с юбкой баллонного типа и ее проверка результатами испытаний в спокойной воде и на регулярном волнении для улучшения маневренности, устойчивости и безопасности. Математическая модель динамики включала шесть степеней свободы и была основана на результатах численного моделирования в программе ANSYS.

В 2022 году Пеплиным Ф.С. [2] была разработана математическая модель гибкого ограждения амфибийного СВП, учитывающая изменение распределения давления оболочек и их деформацию.

В 2016 году Фан Ань Туан, из Вьетнама [3], провел исследование судов на воздушной подушке, используя численное моделирование для СВП длиной 7 м. Результаты исследования могут быть использованы для выбора мощности двигателя. Было показано, что для каждого судна на воздушной подушке существует оптимальный диапазон скоростей, который следует учитывать при проектировании таких судов.

Другие вьетнамские исследователи [4] в 2017 году выполнили с помощью ANSYS CFX моделирование гидродинамики нагнетательной и движительной установки для увеличения скорости малых СВП. Полученные результаты позволяют выбрать форму лопастей винта и насадки, а также определить параметры силовой установки.

Работа известного специалиста в области СВП и экранопланов P.J. Mantle [5] посвящена разработке метода определения аэродинамического качества СВП подушке и, в частности, максимального значения аэродинамического качества, связанной с ним расчетной скорости, а также соответствующих характеристик и экономических показателей. Этот метод основан на хорошо зарекомендовавших себя уравнениях сопротивления и мощности для СВП и предназначен для определения производительности и экономической эффективности как гражданских, так и военных судов.

В 2019 г. М.С. Павл, А. Попеску и Д. Захария [6] провели численный анализ влияния угла дифферента корпуса СВП на параметры потока внутри корпуса с нагнетательной камерой. Анализ данных показал, что значение угла дифферента корпуса играет большую роль в конструктивных особенностях, и что с увеличением значения угла наклона, вес прототипа постепенно уменьшается. На основе полученных результатов возможно оценить вес модели, которая будет построена для исследования.

В работе Ahmed S. Sawayan, Khalid A. AlSaif [7] рассмотрена сильно нелинейная модель динамического поведения СВП. Проведено параметрическое исследование для изучения влияния параметров управления на динамические характеристики. Установлено, что управляющими параметрами являются: длина юбки и массовый расход воздуха в подушке. Разработано безразмерное уравнение описывающее поведение юбки на волнении и получены оптимальные параметры СВП. Кроме того, также исследуется поведение системы, при хаотическом изменении давления в воздушной подушке при увеличении длины юбки СВП.

Китайские исследователи в 2020 г [8] численными методами исследовали чувствительность системы «юбка-воздушная подушка» к колебаниям давления. Проанализированы физические процессы и механизм динамики системы, а также предложен численный метод оценки реакции воздушной подушки на изменение давления. Рассчитана чувствительность к давлению типичной системы «юбка-подушка», и результаты демонстрируют, что чувствительность к давлению помогает смягчить влияние изменения высоты подушки. Исследовано влияние геометрических параметров юбки и аэродинамических параметров подушки на свойства динамической системы для улучшения конструкции юбка.

Анализ работ в области проектирования и гидродинамики малых СВП позволяет выделить следующие основные вопросы, возникающие при их разработке:

1. Сложности с управлением судна. Воздушная подушка обладает низкой маневренностью, из-за чего возникают трудности с управлением судном, особенно в условиях сильного ветра или прибоя;
2. Несоответствие между грузоподъемностью и габаритами судна. Малые суда на воздушной подушке не могут нести большой вес, поэтому они не подходят для перевозки крупногабаритных грузов;
3. Высокая стоимость. Проектирование и изготовление судов на воздушной подушке требует значительных финансовых затрат, что способствует увеличению стоимости;



4. Низкая температура. Воздушная подушка не может работать при морозах, что ограничивает использование судов в холодных регионах;

5. Суда малого типа невозможно использовать на открытом море. Малые суда на воздушной подушке не предназначены для использования в открытом море, так как они могут быть подвержены воздействию волн и штормов.

СВП остаются удобным и быстрым способом передвижения по воде, широко применяемым в разных сферах. Следовательно, чтобы улучшить эксплуатационные возможности судов на воздушной подушке малого класса, необходимо продолжать проводить исследования в области гидродинамики и механики, а также учитывать различные факторы, влияющие на эффективность судов.

Важным аспектом исследования сопротивления судов на воздушной подушке малого класса является разработка новых инструментов моделирования, которые включают в себя оценку вариантов проектов судов на воздушной подушке.

#### **Список литературы:**

1. V.O. Eremeyev, F.S. Peplin, A.V. Tumanin Mathematical Model of Dynamics of Air Cushion Vehicle Ballonet Type Skirt on Water International Conference on Industrial Engineering, ICIE 2017, Procedia Engineering 206 (2017) 354–359.

2. Shabarov V.V., Chekmarev D.T., Tumanin A.V., Peplin F.S. Determination of damping forces arising from vertical vibrations of the hovercraft in cruising mode. Vestnik VGAVT. 2018, No. 55, pp. 73 – 82.

3. Phan Anh Tuan. A Study on Hovercraft Resistance Using Numerical Modeling. Applied Mechanics and Materials. ISSN: 1662-7482, Vol. 842, pp 186-190 doi:10.4028/www.scientific.net/AMM.842.186 © 2016 Trans Tech Publications, Switzerland

4. Nguyen Ngoc Hoang Quan, Ngo Khanh Hieu Numerical simulation of the 3-seater hovercraft's ducted propeller performance. The 11th SEATUC Symposium Conference Paper, March 2017

5. P.J. Mantle Maximum lift-drag ratio of air cushion craft. The Aeronautical Journal May 2017 Volume 121 No 1239.

6. Pavăl M S, Popescu A, Popescu T, Zahariea D and Husaru D E 2019 Numerical study on the movement of air inside the inner cavity of a hovercraft model IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 444 082005.

7. Ahmed S. Sawayan, Khalid A. AlSaif Investigation of the Heave Dynamics of Air Cushion Vehicles (ACV): Parametric and Chaotic Studies. Latin American Journal of Solids and Structures, 10(2013) 725 – 745.

8. Shengjie Xu, Yujia Tang, Kejie Chen, Zongke Zhang, Tao Ma, Wenyong Tang Numerical investigation on pressure responsiveness properties of the skirt-cushion system of an air cushion vehicle. International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering 12 (2020) 928-942

## **OVERVIEW OF RESEARCH ON THE TOPIC OF DESIGNING SMALL CLASS HOVERCRAFTS**

Egor Yu. Cheban, Denis O. Zhigalov

**Abstract:** Small-class air cushion vessels (up to 10m in length) are the subject of research for water transport and are often used as passenger, emergency and rescue vessels, etc. Despite the large number of vessels of this class being manufactured, designed and used, a number of questions related to seakeeping, hydro- and aerodynamics that affect their construction remain not fully explored. The report presents a brief overview of scientific works devoted to the discussion of issues related to small-class air cushion vessels.

*Keywords:* Hovercraft, hydrodynamics, amphibious capability, flexible fencing

