

УДК 629.5.018.71

С.В. Кривко, В.В. Мороз

**БУКСИРОВОЧНЫЕ ИСПЫТАНИЯ МОДЕЛИ
ПОЛУГЛИССИРУЮЩЕГО КАТЕРА С БОРТОВЫМИ КАВИТАТОРАМИ**

На конкретном примере демонстрируется возможность снижения буксировочного сопротивления полуглиссирующего катера с помощью бортовых кавитаторов. Приводятся результаты визуализации кавитационного течения вдоль борта катера за клинообразным кавитатором. Дана оценка эффективности бортового кавитатора с точки зрения снижения буксировочного сопротивления.

Ключевые слова: бортовой кавитатор, режимы плавания судов, буксировочное сопротивление.

На конкретному прикладі демонструється можливість зниження буксировочного опору напівглісуючого катера за допомогою бортових кавітаторів. Приводяться результати візуалізації кавітаційної течії вздовж борту катера за клиноподібним кавітатором. Дана оцінка ефективності ютового кавітатора з точки зору зменшення буксировочного опору.

Ключові слова: бортовий кавітатор, режими плавання суден, буксирний опір.

A specific example demonstrated the ability to reduce the towing resistance of semi planing boat using onboard cavitators. The results of visualization of the cavitation flow along the shipboard of the wedge-shaped boats cavitator. Efficiencies of board cavitator in terms of reduced towing resistance measured.

Keywords: board cavitator, modes of navigation, towing resistance .

Введение. Как известно [1], в зависимости от соотношения скорости и водоизмещения судна могут наблюдаться три характерных режима его плавания, а именно: водоизмещающий, переходный и глиссирование. Параметром, определяющим режим движения судна, является число Фруда, вычисленное по объемному водоизмещению судна, $Fr_V = v / \sqrt{g^3 V}$, где v – скорость судна; g – ускорение силы тяжести; V – объемное водоизмещение судна). При числах Фруда $Fr_V < 1$ наблюдается водоизмещающий режим движения. В диапазоне чисел Фруда $1 < Fr_V < 3$ наблюдается переходный режим движения. При числах Фруда $Fr_V > 3$ наблюдается режим глиссирования.

© Кривко С.В., Мороз В.В., 2015

В общем балансе гидродинамического сопротивления судна в зависимости от режима движения доминирующими являются силы той или иной природы. В частности, в водоизмещающем режиме движения доминирующими являются силы трения, в переходном режиме – силы волновой природы, а в режиме глиссирования — силы давления и трения. С целью снижения гидродинамического сопротивления в практике судостроения сложились определенные подходы к формообразованию обводов корпусов судов в зависимости от их режима движения [2; 3]. Так, например, суда, эксплуатирующиеся в переходном режиме движения, отличаются большим удлинением корпуса, подъемом батоксов в корме и острыми обводами носовой оконечности. Суда, эксплуатирующиеся в режиме глиссирования, имеют относительно небольшое удлинение корпуса и ярко выраженную глиссирующую площадку в кормовой части корпуса с прямыми батоксами.

В настоящее время все большее применение находят суда, эксплуатирующиеся в двух режимах. Чаще всего – в переходном и глиссирующем режимах [3; 4]. При этом переходный режим движения, как правило, является основным, а режим глиссирования — кратковременным. Такой тип судна называется полуглиссирующим. Исходя из этого, главные размерения и форма корпуса судна оптимизируются для плавания в переходном режиме, а для уменьшения гидродинамического сопротивления в режиме глиссирования используются различные гидродинамические приспособления, позволяющие уменьшить сопротивление трения или давления. Наибольшее распространение получили приспособления, позволяющие уменьшить смоченную поверхность путем организации искусственных вентилируемых каверн на отдельных участках корпуса судна [6]. Вентилируемые каверны образуются путем использования кавитаторов, которые имеют клиновидную форму и изготавливаются в виде накладок на корпус судна. Такой способ образования искусственных вентилируемых каверн имеет ряд преимуществ по сравнению с традиционным реданным корпусом, в частности, упрощается конструкция корпуса глиссирующего судна. В тоже время, для образования устойчивой вентилируемой каверны за кавитатором, например, на днище судна, необходима постоянная подача воздуха в каверну. Значительный интерес представляет образование вентилируемых каверн на вертикальных поверхностях. В этом случае кавитатор пересекает свободную поверхность, и воздух поступает в каверну самотеком вдоль кавитатора. Такой способ искусственной вентиляции каверн успешно применяется для создания вентилируемых каверн на вертикальных стойках судов на подводных крыльях [5]. Однако, имеется весьма ограниченное количество результатов экспериментальных исследований по созданию протяженных вентилируемых каверн на вертикальных стенках и их эффективности с точки зрения снижения гидродинамического сопротивления полуглиссирующего судна. Поэтому, поиск эффективных способов создания вентилируе-

мых каверн на бортах полуглиссирующего судна представляется **актуальной задачей**.

Целью настоящей работы является определение эффективности бортовых кавитаторов с точки зрения снижения буксировочного сопротивления полуглиссирующего судна.

Работа выполнялась путем проведения модельного эксперимента, основанного на методе буксировки модели судна в скоростном опытовом бассейне Института гидромеханики НАН Украины.

Изложение основного материала. Объектом исследований являлось буксировочное сопротивление модели полуглиссирующего катера, форма корпуса которого показана на рисунке 1. Форма корпуса модели полуглиссирующего катера аналогична известной форме модели Клемента-Блаунта [1], отличительной особенностью которой является то, что кормовая часть корпуса (от миделя до транца) имеет постоянный угол килеватости и, по сути, является плоско-килеватой пластиной.

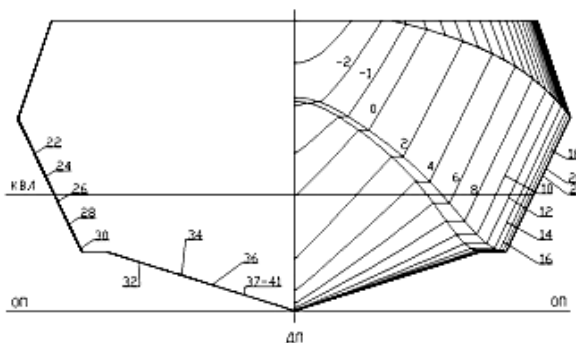


Рис. 1. Проекция корпуса теоретического чертежа полуглиссирующего катера

Модель катера была изготовлена из стеклопластика и имела следующие главные размерения:

- длина наибольшая, мм 1530
- длина по скуле, мм 1470
- ширина наибольшая, мм 320
- осадка по конструктивную ватерлинию, м 67
- угол килеватости на миделе/транце, град. 17
- весовое водоизмещение, кг 16,3
- отстояние центра тяжести от транца, мм 573

На обоих бортах модели катера были установлены клиновидные ботовые кавитаторы, схема установки которых показана на рисунке 2.

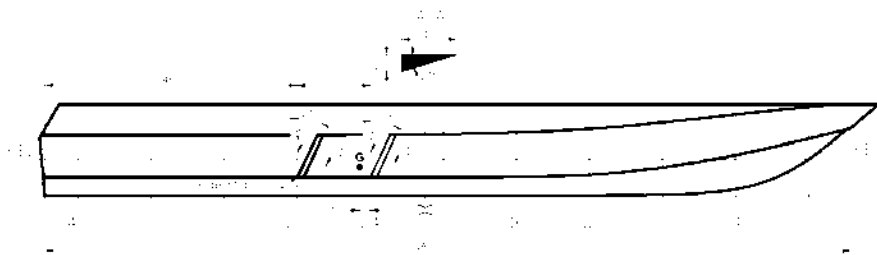


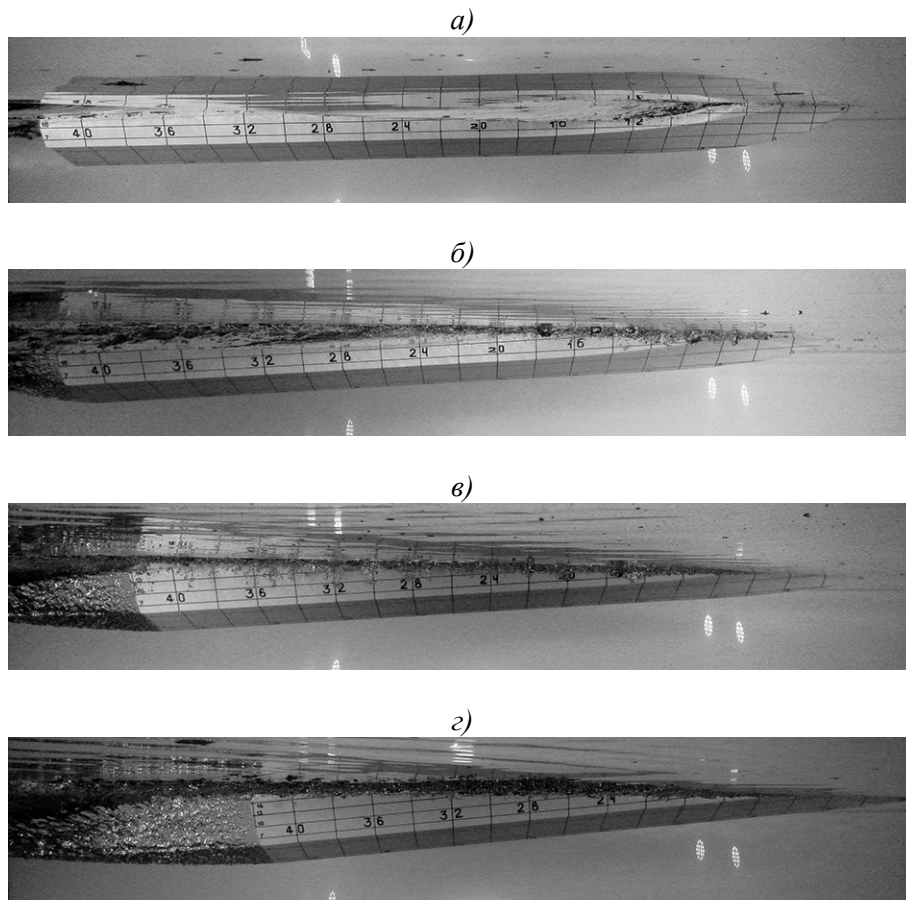
Рис. 2. Схема установки бортовых кавитаторов на модели катера

Кавитаторы были изготовлены в виде накладных планок и имели поперечное сечение в виде прямоугольного треугольника со сторонами 10 и 2,5 мм соответственно. Угол раствора кавитатора составлял 17 градусов.

Модель судна крепились к буксировочной системе опытового бассейна с помощью специальной шарнирной подвески, которая позволяла модели свободно осуществлять вертикальные перемещения и угловые колебания в продольно-вертикальной плоскости. На шарнирной подвеске были установлены датчики для регистрации вертикальных перемещений модели и ходового дифферента. Вся шарнирная подвеска бала закреплена к однокомпонентному тензометрическому динамометру, который позволял регистрировать буксировочное сопротивление модели.

Буксировочные испытания проводились в соответствии с рекомендациями ПТС №7.5-02-02-01 [7]. При этом модель катера была испытана в комбинации «с кавитаторами» и «без кавитаторов». Для оценки эффективности бортовых кавитаторов была рассмотрена зависимость обратного гидродинамического качества модели R_x/Δ , где R_x – буксировочное сопротивление модели; Δ – весовое водоизмещение модели) от числа Фруда Fr_V , вычисленного по объемному водоизмещению. Модель катера была испытана в диапазоне скоростей буксировки от 1,3 м/с до 6,0 м/с, что соответствует диапазону чисел Фруда Fr_V от 0,9 до 3,8. Таким образом, был исследован переходный режим движения и режим глиссирования. В процессе проведения буксировочных испытаний осуществлялась фотосъемка подводной части корпуса катера.

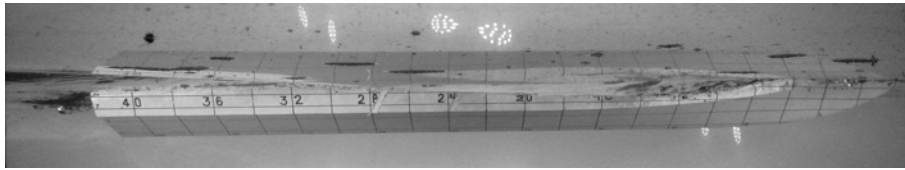
Характерный вид подводной части модели катера «без кавитаторов» при различных режимах движения показан на рисунке 3. На приведенных фотографиях видно, что при увеличении скорости буксировки борта модели остаются замытыми. Это приводит к увеличению смоченной поверхности и как следствие – к увеличению сопротивления трения модели при ее движении в режиме глиссирования.



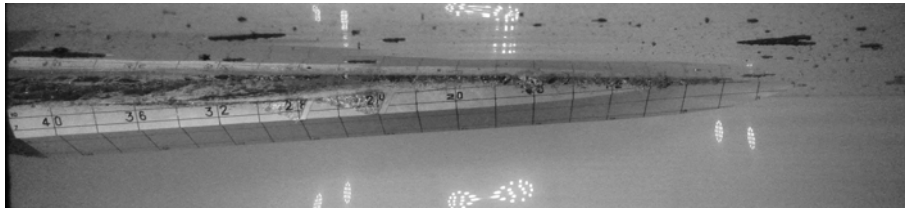
*Рис. 3. Характерный вид подводной части модели «без кавитаторов»:
а) скорость буксировки 1,31 м/с; б) скорость буксировки 2,40 м/с;
в) скорость буксировки 4,01 м/с; г) скорость буксировки 4,81 м/с*

На рисунке 4 показан характерный вид подводной части модели катера «с кавитаторами» при различных режимах движения. На приведенных фотографиях видно, что на малых скоростях буксировки, соответствующих началу переходного режима движения, каверны не образуются. На больших скоростях буксировки, соответствующих концу переходного режима и глиссированию, за бортовыми кавитаторами образуются вентилируемые каверны, которые с увеличением скорости буксировки охватывают весь борт модели катера.

а)



б)



в)



г)



*Рис. 4. Характерный вид подводной части модели «с кавитаторами»:
а) скорость буксировки 1,33 м/с; б) скорость буксировки 2,37 м/с;
в) скорость буксировки 4,53 м/с; г) скорость буксировки 6,09 м/с*

На рисунке 5 представлены результаты буксировочных испытаний. Результаты буксировочных испытаний позволяют сделать **ВЫВОД** о том, что бортовые кавитаторы позволяют уменьшить буксировочное сопротивление полуглиссирующего катера.

Степень уменьшения буксировочного сопротивления пропорциональна степени уменьшения смоченной поверхности. В исследованном варианте нагрузки полуглиссирующего катера уменьшение буксировочного сопротивления достигло $\approx 10\%$.

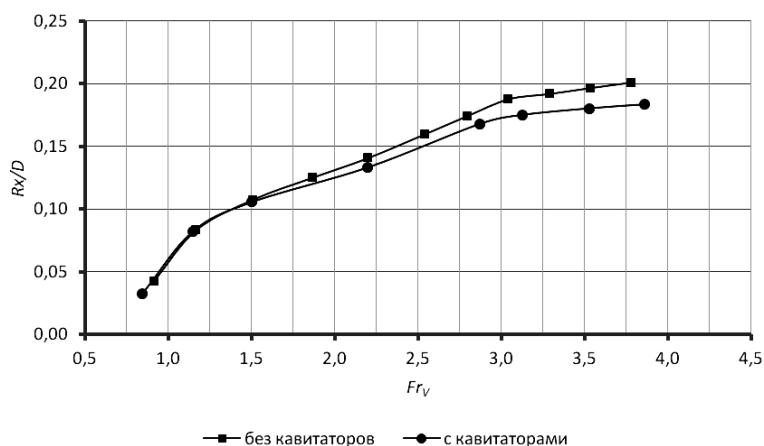


Рис. 5. Залежність зворотного гідродинамічного показника моделі напівглісеруючого катера від числа Фруда

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Егоров И.Т. Ходкость и мореходность глиссирующих судов / И.Т. Егоров, М.М. Буньков, Ю.М. Садовников. – Л.: Судостроение, 1978. – 336 с.
2. Odd M. Faltinsen. Hydrodynamics of High-Speed Marine Vehicles / Odd M. Faltinsen. – Cambridge University Press, 2005. – 454 p.
3. Рюмин С. Обводы быстроходных катеров: история и перспективы // Катера и яхты. – 2008. – № 4 (214). – С.72-75.
4. Масеев М.Б. Гидродинамические исследования двухрежимных обводов // Катера и яхты. – 1975. – № 6 (58). – С.37-39.
5. Егоров И.Т. Искусственная кавитация / И.Т. Егоров, Ю.Н. Садовников, И.К. Исаев, М.А. Басин. – Л.: Судостроение. – 1971. – 280 с.
6. Eugene P. Clement. The Dynaplane Design for Planing Motorboats / Eugene P. Clement, Lawrence J. Doctors and John G. Hoyt. III – Ninth International Conference on Fast Sea Transportation. FAST 2007. – Shanghai, China. – September 2007.
7. Testing and Extrapolation Methods. High Speed Marine Vehicles. Resistance Test // ITTC – Recommended Procedures and Guidelines № 7.5-02-05-01. – 25rd

Стаття надійшла до редакції 25.11.2015