

Оценка мореходных характеристик плавучего дома

И. В. Житников, В. В. Новиков, С. В. Антоненко¹
ДВФУ, Владивосток

Рассмотрены вопросы плавучести и остойчивости для тримаранного корпуса плавучего дома. Рассчитаны с использованием программного продукта FreeShip гидростатические таблицы и выполнена предварительная оценка остойчивости судна.

Ключевые слова: плавучий дом, тримаран, плавучесть, остойчивость

The Estimation of Seaworthiness of the Houseboats. *Ilya V. Zhitnikov, Valeriy V. Novikov, Sergey V. Antonenko. Far Eastern Federal University.*

The problems of buoyancy and stability for the triple-hulled houseboat are analysed. There are calculated hydrostatic tables using the software FreeShip and performed a preliminary assessment of the vessel's stability

Keywords: houseboat, trimaran, buoyancy, stability

Введение

Плавучие дома, дачи, «хаусбоуты» (от английского «houseboat» – дом-лодка) – сравнительно новое направление в судостроении. Тем не менее эти объекты быстро и прочно завоевали устойчивые позиции в рейтингах продаж и симпатии в сердцах любителей отдыха на воде. Объекты используют в основном для отдыха в спокойных закрытых водоемах, на реках и в уютных морских заливах. Нередко плавучие дачи используют для проведения гидротехнических, научно-исследовательских и других морских исследований и работ, так как они обладают достаточной прочностью, остойчивостью и удобны в эксплуатации.

Чрезвычайно широкое распространение получили плавучие дома в Нидерландах. В стране немало довольно широких и спокойных рек, и многие граждане предпочитают селиться на воде, время от времени покидая место стоянки и отправляясь в путешествие, оставаясь в привычной домашней обстановке. Государство даже вынуждено было принять меры по ограничению строительства таких домов.

Дальний Восток России в настоящее время является самым депопулирующим (теряющим население) регионом России. За период 1991 – 2010 гг. убыль населения составила 1,8 млн человек, или 22 % населения. Это явно свидетельствует о том, что жизнь на Дальнем Востоке малопривлекательна

¹ *Житников Илья Вадимович*, магистрант, *Новиков Валерий Васильевич*, канд. техн. наук, *Антоненко Сергей Владимирович*, докт. техн. наук, профессор. Дальневосточный федеральный университет. Владивосток



для людей, несмотря ни на выгодное географическое положение, ни на богатство ресурсов, в том числе рекреационных (возможностей для отдыха, главным образом, у моря).

Наиболее благоприятным по природно-климатическим условиям в регионе является Приморский край. Летом многие жители с севера Приморья, из Хабаровского края и из других мест устремляются на побережье юга края. Одни живут в палатках, другие снимают жильё. Некоторые жители прибрежных посёлков надстраивают свои дома, делая для приезжих летние комнаты и хозяйственно-бытовые помещения.

С этой точки зрения плавучие дома могут оказаться перспективным решением.

В России интерес к плавучим домам возник недавно; это в значительной степени связано с чрезмерными ценами на жильё. Для плавучего дома в российских условиях, вероятно, не нужно решать вопрос отвода земли, не требуется обеспечивать определённые стандарты бытовых условий.

Рассматриваемый проект предполагает самостоятельное перемещение плавучего дома по акватории Амурского залива и продолжительные стоянки в бухтах. Основные характеристики плавучего дома приняты по предложениям предполагаемого владельца.

Преимущества и недостатки плавучих домов

Преимущества:

Плавучий дом по уровню комфорта может быть сопоставим с обычным и уж почти наверняка превосходит небольшую яхту или катер (мы не будем вести речь об элитных домах).

Он может длительное время располагаться в определённой точке побережья, но при желании легко перемещается в другое место.

По своим характеристикам плавучий дом не поднадзорен регистру, а требования ГИМС удовлетворяются легче. Но при этом забота о безопасности эксплуатации целиком ляжет на хозяина дома.

Дом может строиться из различных доступных материалов.

Плавучий дом не регистрируется как недвижимость.

Возможность подойти практически к любому берегу благодаря малой осадке.

Недостатки:

Необходимость постоянного контроля технического состояния корпуса, обеспечения плавучести, остойчивости и непотопляемости. Квалификация владельцев дома, обеспечивающая выполнение этих требований (в принципе возможно приобретение или проекта, или готового дома, но в данной работе речь будет о «самодеятельности»).

Практически полное отсутствие в России юридического, технического и др. обеспечения.

Сложности жизнеобеспечения при отрицательных температурах.



Повышенная влажность, холод, шум воды, шум, вибрация и качка от проходящих судов. Поскольку пол, как правило, расположен ниже уровня воды, невозможен естественный слив использованной воды, необходим специальный насос.

При необходимости ремонта дома на судоремонтном предприятии – организационные проблемы и поиск временного жилья.

Общее описание плавучего дома

Особенность рассматриваемого плавучего дома заключается в том, что при его строительстве планировалось в максимальной степени использовать простые конструкции и упростить технологию постройки.

Дом не планируется использовать как постоянное жилище, он должен играть роль плавучей дачи для семейного отдыха.

В конструктивном отношении корпус плавучего дома представляет собой понтон, изготовленный из трех труб диаметром 1000 мм с конусообразными заострениями в носу и в корме. Трубы соединены между собой тремя трубами меньшего диаметра (рис. 1). Корпус разделен водонепроницаемыми переборками.

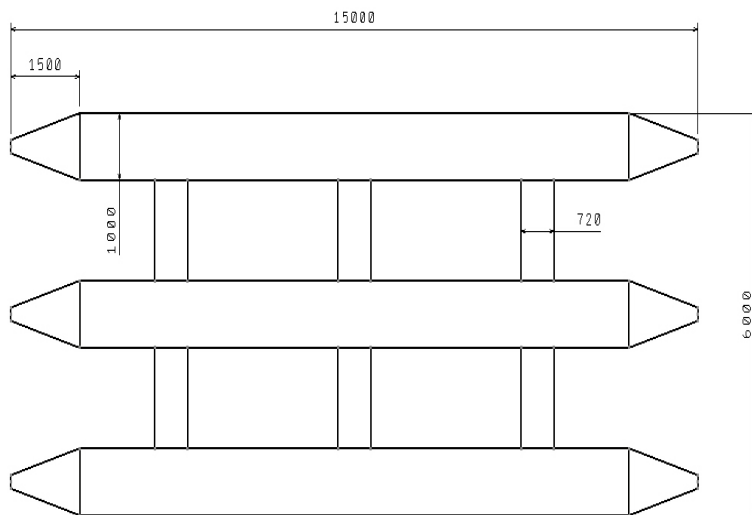


Рис. 1. Схема понтона

Понтон имеет водоизмещение при проектной осадке 0,5 м 18,56 т. Наибольшие длина 15 м, ширина 6 м.

На палубу понтона устанавливается надстройка, представляющая готовый типовой блок-модуль в виде одноэтажного комплекса с жилыми и рабочими помещениями, оборудованными системами электроснабжения, водоснабжения. Судно снабжается якорным и швартовным устройствами, дизель-генератором, аппарелью для въезда и перемещения автомобиля.



В качестве двигателей и винторулевого комплекса планируется установка подвесных моторов небольшой мощности, обеспечивающих скорость 3–5 узл. Движение судна возможно при волнении до трех баллов.

Расчеты мореходных качеств

На момент выполнения данной работы внешний облик плавучего дома, его общее расположение, нагрузка и другие характеристики были известны лишь приблизительно. Это требовало поэтапной проработки проекта дома.

На первом этапе следовало выполнить расчеты гидростатики, построить кривые элементов теоретического чертежа и провести предварительный расчет остойчивости и ходкости для принятого понтона.

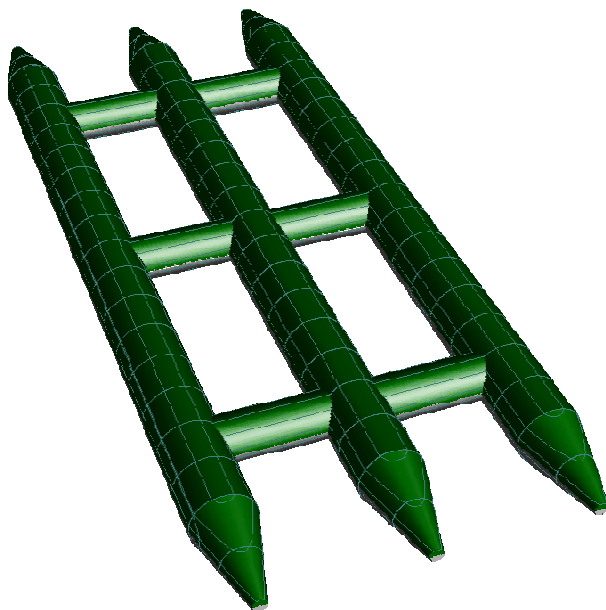


Рис. 2. Теоретический чертеж 3D-модели понтона в программе FreeShip

Так как понтон имеет специфическую конструкцию, форму и обводы, отличающиеся от традиционных судов, для наглядности и облегчения расчетов построение теоретического чертежа и последующие расчеты осуществляли в программном продукте FreeShip, позволявшем описать многокорпусное судно аналитически и рассчитать без затруднений гидростатику.

Вид расчетной 3D-модели понтона приведен на рис. 2.

Расчет кривых элементов теоретического чертежа корпуса понтона выполнен для всего диапазона изменения осадок – от нулевой до соответствующей высоте борта ($d = 0 \dots 1,0$ м).

Поперечная остойчивость предварительно рассчитывалась для расчетной проектной осадки $d = 0,5$ м с условно заданным центром тяжести,



аппликата которого составляет 1,4 м. После постройки судна и кренования расчеты предполагается уточнить.

Некоторые результаты вычислений показателей судна для проектной осадки $d = 0,5$ м приведены в табл. 1, кривые элементов теоретического чертежа по данным расчета гидростатики показаны на рис. 3.

Таблица 1
Результаты расчета гидростатики

Длина между перпендикулярами, м	15,0
Ширина на миделе, м	6,0
Объемное водоизмещение, м ³	18,107
Коэффициент общей полноты	0,4
Коэффициент полноты миделя	0,96
Коэффициент полноты ВЛ	0,58
Абсцисса центра величины, м	7,5
Аппликата центра величины, м	0,305
Метацентрический поперечный радиус, м	4,817
Продольный метацентрический радиус, м	107,05

1

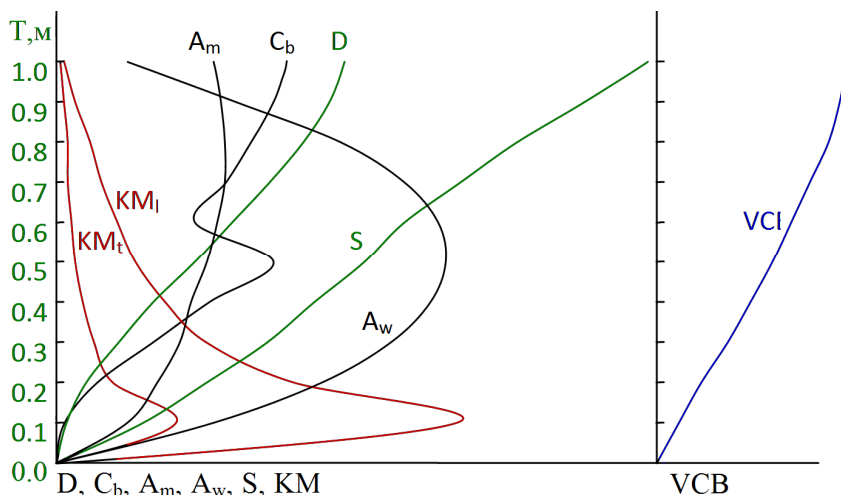


Рис. 3. Кривые элементов теоретического чертежа. D – водоизмещение, S – площадь смоченной поверхности, C_b – коэффициент общей полноты, K_{M_t} – аппликата поперечного метацентра, A_m – площадь миделя, K_{M_l} – аппликата продольного метацентра, A_w – площадь ватерлинии, VCB – аппликата ЦВ, измеренная от наинизшей точки корпуса

Из рис. 3 следует, что гидростатические кривые тримарана рассматриваемой конструкции несколько отличаются от традиционных, особенно при осадках, меньших 0,1 м и больших 0,5 м. Это обусловлено специфическими обводами трубчатой конструкции тримарана. В районе 0,5 м имеются особенности, обусловленные поперечными трубами. Судно проектируется для



проектной осадки 0,5 м. Для такой осадки величины элементов теоретического чертежа приведены в табл. 1. Запас плавучести судна обеспечивается надводным непроницаемым объемом понтона.

В табл. 2 приведены результаты проверки поперечной остойчивости. Рассматриваемое судно будет иметь ограниченный район плавания, поэтому проверка по критерию погоды не проводится, при расчете плеч формы можно учитывать помещения первого яруса рубки. В расчете выполнялась полная проверка по всем критериям. Расчет кренящих моментов выполнялся для трехкорпусного понтона с учетом парусности одноэтажной надстройки. Диаграммы остойчивости приведены на рис. 4.

Для принятого возвышения центра тяжести $Z_g = 1,4$ м требования по критериям остойчивости были удовлетворены, кроме угла максимума диаграммы статической остойчивости, который, согласно Правилам регистра, должен был составлять не менее 30° . Понятно, что тримаранный корпус обладает высокой начальной остойчивостью, но уже при небольших углах крена остойчивость резко падает. Угол максимума диаграммы остойчивости при такой форме корпуса не может быть большим. Однако следует иметь в виду, что плавучий дом будет эксплуатироваться в прибрежных районах и при учете в дальнейших расчетах непроницаемой надстройки критерий окажется выполненным, возможно, и без укладки твердого балласта.

Таблица 2
Результаты расчета и проверка остойчивости

Расчетное водоизмещение D , т	18,50
Аппликата ЦТ судна Z_g , м	1,4
Площадь боковой парусности, m^2	60,0
Возвышение ЦТ площади парусности над КВЛ, м	2,0
Плечо парусности, м	2,25
Угол крена от постоянного ветра, град.	$1,1^{\circ}$
Амплитуда угла крена при качке, град.	16,0
Начальная поперечная метацентрическая высота, м	9,795
Максимальное плечо восстанавливающего момента, м	1,36 (0,25)
Угол максимума плеча ДСО	10,0 град (30°)
Угол заката диаграммы, град.	61,7 (60°)
Площадь под кривой ДСО до угла крена 30°	0,555м*рад (0,055)
Площадь под кривой ДСО до угла крена 40°	0,701м*рад (0,090)
Площадь под кривой ДСО от 30° до 40°	0,146м*рад (0,030)
Критерий погоды	1,7 (1,0)

Примечание: в скобках указаны минимальные значения требуемых параметров по Правилам регистра



Следует иметь в виду, что построенное судно необходимо откреновать для установления характеристик судна порожнем.

В качестве движителя рекомендуется использовать подвесные моторы как самый дешевый и доступный вариант. Монтаж таких моторов является наиболее простым, не требующим обеспечения водонепроницаемости дейдвудной трубы для линии вала. Двигатель, в случае необходимости, максимально доступен для ремонта.

Выполнена предварительная оценка ходкости плавучего дома. Основной трудностью при определении предполагаемых характеристик ходкости является оценка сопротивления движению. Сложность связана, с одной стороны, с наличием продольных труб – корпусов тримарана, между которыми возникает интерференция волновых систем (этот эффект наиболее заметно будет проявляться при скоростях свыше 4–5 узл.). С другой стороны, сопротивление создают поперечные трубы. Они создают и сопротивление формы, и волновое сопротивление, причём между этими трубами также будет проявляться существенное взаимодействие. Поперечное расположение труб, которые являются плохо обтекаемыми телами, способствует росту и сопротивления формы, и волнового сопротивления.

1

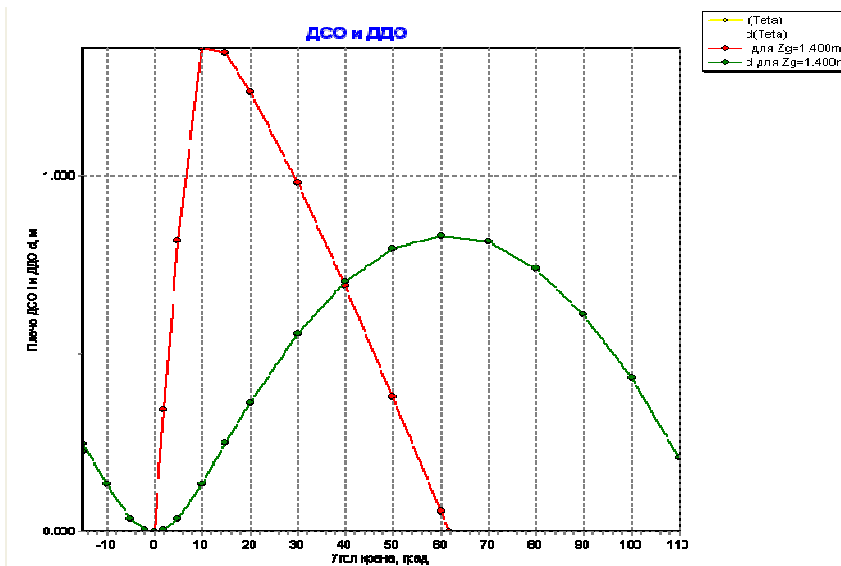


Рис. 4. Диаграммы статической (ДСО) и динамической (ДДО) остойчивости

В данной работе сопротивление воды определено следующим образом.

Сопротивление трения рассчитано обычным способом, через (суммарную) площадь смоченной поверхности.

Дополнительно включено сопротивление формы всех поперечных труб в предположении, что они не оказывают друг на друга взаимного влияния. Это предположение не должно приводить к большой погрешности,



поскольку расстояние между осями труб больше 4 диаметров (если оно превышает 5 диаметров, взаимным влиянием обычно можно пренебречь). Коэффициент лобового сопротивления профиля полукругового сечения принят равным 0,45.

Волновое сопротивление не учитывалось. При скорости менее 4 – 5 узлов оно не должно быть значительным.

В качестве движителя для плавучего дома принят открытый гребной винт. Количество винтов принято равным 2, с расположением в корме боковых корпусов.

Расчёты выполнялись для двух заданных диаметров винтов – 0,35 м и 0,5 м. Первый из них близок к радиусу поперечных труб, второй – продольных. Скорость хода изменялась от 1 до 6 уз. Определению подлежали оптимальная частота вращения, шаговое отношение и КПД гребного винта.

Отметим, что при принятых допущениях кавитация не представляет опасности при скоростях, не превышающих 6 уз., для винтов диаметром как 0,5 м, так и 0,35 м.

Винты принятых диаметров получаются тяжело нагруженными. Причины этого – плохо обтекаемая форма подводной части, малая осадка, определившая малый диаметр винтов. Результат – невысокий КПД (20 – 27 %). Требуемая мощность всё же невелика в связи с небольшой скоростью; при скорости 5 уз. она составляет ориентировочно 25 – 35 кВт (на один из двух двигателей).

Оптимальная частота вращения винта составляет 3400 об/мин для винта диаметром 350 мм и 1600 об/мин для винта диаметром 500 мм. Эта частота пропорциональна скорости, а мощность – кубу скорости.

Оптимальное шаговое отношение для меньшего винта – около 0,65, для большего – 0,7.

Учитывая условность допущений, результаты носят предварительный характер.

Заключение

Оригинальная конструкция плавучего дома на базе понтона из труб не позволяет воспользоваться прототипами и требует особого подхода к проектированию. Предварительные расчеты плавучести, устойчивости и ходкости показали, что проектируемое судно может обладать необходимыми качествами для эксплуатации в прибрежных районах.