

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

На правах рукописи

СЕЙН МО

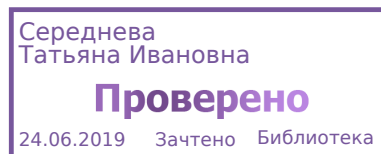
Исследование особенностей проектирования и анализа
плавающего отеля с катамаранным корпусом

Направление 26.04.02 «Кораблестроение, океанотехника и системотехника
объектов морской инфраструктуры»

Направленность (профиль) "Проектирование судовых корпусных конструк-
ций, систем и устройств"

АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ
на соискание академической степени магистра

2019



Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре
государственный университет»

Научный руководитель: кандидат технических наук, доцент кафедры
«Кораблестроение» ФГБОУ ВО
«Комсомольский-на-Амуре государственный
университет» Чижиумов Сергей Демидович

Рецензент: кандидат технических наук, доцент
Журбин Олег Владимирович,
начальник отделения диагностики искусствен-
ных сооружений Дальневосточного филиала
ФАУ «РОСДОРНИИ»

Защита состоится «17» июня 2019 года в 10 часов 00 мин на заседании госу-
дарственной экзаменационной комиссии по направлению подготовки
26.04.02 «Кораблестроение, океанотехника и системотехника объектов мор-
ской инфраструктуры» в Комсомольском-на-Амуре государственном универ-
ситете по адресу: 681013, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина 27, ауд.
222/3.

Автореферат разослан 10 июня 2019 г.

Руководитель магистерской программы,
зав. кафедрой «Кораблестроение», д.т.н, проф.

Н.А.Тарануха

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Правительство Мьянмы с 90-х годов развивает туризм. В туры включены речные круизы. Ежегодно страну посещают 750 тыс. туристов. В Мьянме некоторые жители прибрежных деревень строят свои дома, изготавливая летние комнаты и бытовую технику для туризма. С этой точки зрения, плавучие дома могут привлечь туристов больше, чем обычный дом. Кроме того, плавучее жилище решает эту проблему наводнений, которые происходят в государствах Юго-Восточной Азии регулярно из-за сильных муссонных дождей.

При постройке плавучего отеля нет необходимости решать вопрос приобретения или аренды земли, а при обеспечении автономными источниками возобновляемой энергии (гидро- и фотоэлектрической) уменьшаются расходы на эксплуатацию.

В мире наблюдается интенсивный рост строительства многокорпусных судов. Плавучий отель с катамаранным корпусом имеет многие достоинства: комфортное проживание (малая качка, большие площади помещений); высокая остойчивость; большие площади для размещения солнечных панелей.

В то же время при проектировании катамарана необходимо решить ряд проблем сложных проблем. Увеличенная площадь смоченной поверхности делает катамараны менее эффективными на малых скоростях вследствие большего вязкостного сопротивления. Два корпуса и соединительный мост повышают массу судна и требуют большего расхода металла при постройке. Соединительный мост испытывает большие нагрузки на волнении от общего изгиба и слеминга. На больших углах крена, при погружении палубы, может резко снижаться остойчивость, что приводит к риску опрокидывания. Особенно это характерно при многоярусной надстройке.

Цель магистерской диссертации. Исследование особенностей проектирования туристических катамаранных судов с использованием современных технологий CAD/CAE.

Основными задачами диссертационной работы являются:

1. Исследование условий эксплуатации;
2. Анализ существующих современных прототипов и формирование на его основе технического предложения судна;
3. Начальное проектирование судна и анализ нагрузки;
4. Построение 3D модели корпуса и теоретического чертежа;
5. Анализ гидростатики судна;
6. Проектирование общего вида и архитектурной 3D модели;
7. Компьютерный анализ мореходных качеств судна (ходкость, остойчивость, качка на волнении);
8. Проектирование конструкции корпуса судна и создание 3D моделей элементов конструкции;
9. Компьютерный анализ прочности и вибрации;
10. Анализ общей технологии постройки судна.

Объектом исследования является плавучий отель со стальным корпусом катамаранного типа приблизительно на 14 пассажиров (7 кают).

Предметом исследований является особенности проектирования и поддержки жизненного цикла судна на основе современных информационных технологий (CAD/CAE) по сравнению с традиционными подходами.

Методы исследования. Анализ литературных источников, теория решения изобретательских задач (ТРИЗ); методология CAD (трёхмерное объектное моделирование); методология CAE (численный компьютерный анализ модели судна в различных условиях его жизненного цикла); комплексная методология информационной поддержки судна.

Научную новизну результатов исследования составляют:

1. Анализ и предложения новых особенностей конструкции катамарана, повышающих его эксплуатационные качества и технологичность при обеспечении нормативных требований.
2. Новые технические решения в области архитектуры плавучего отеля.
3. Результаты исследования влияния формы корпусов на ходкость и поперечную качку катамарана.

Практическая значимость работы:

1. Предложен проект плавучего отеля, способствующий развитию туризма на реках и морском побережье Мьянмы.
2. Переход от традиционных подходов проектирования и постройки судов (основанных на громоздких расчётных методиках, тиражировании плоских чертежей и бумажных документов, что приводит к ошибкам, несогласованности работ и затягиванию процессов) к компьютерным информационным технологиям на основе трёхмерной электронной модели судна.
3. Выявлены особенности и взаимосвязи формы корпуса, архитектуры и конструкции корпуса катамаранных судов, которые необходимо учитывать при их проектировании.

Положения, выносимые на защиту:

1. Зависимость мореходных качеств от формы корпусов катамарана.
2. Особенности архитектуры плавучего отеля;
3. Особенности конструкции корпусов и моста катамарана;
4. Технология проектирования плавучих отелей с катамаранным корпусом.
5. Техническое предложение плавучего отеля.

Личный вклад автора заключается в выполнении теоретического и практического исследования, включая сбор информации, анализ архитектурно-конструктивных особенностей, разработку проекта и расчётных моделей, проведение и анализ результатов расчетов.

Апробация результатов работы. Основные результаты работы докладывались и обсуждались на научных конференциях:

- 48-я научно-техническая конференция студентов и аспирантов Комсомольского-на-Амуре государственного университета (г. Комсомольск-на-Амуре, ФГБОУ ВО «КнАГУ», апрель 2018);

- Международная Российско-Корейско-Японско-Китайская студенческая on-line конференция «ТРИЗ технологии» - второе место в номинации конкурса «ТРИЗ при решении практических задач» (г. Комсомольск-на-Амуре, ФГБОУ ВО «КнАГУ», два этапа: апрель; 28 ноября 2018);

- 49-я научно-техническая конференция студентов и аспирантов Комсомольского-на-Амуре государственного университета (г. Комсомольск-на-Амуре, ФГБОУ ВО «КнАГУ», 12 апреля 2019).

Публикации. Результаты диссертационного исследования опубликованы в двух научных работах.

Структура и объем магистерской диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти разделов, заключения, списка использованных источников и приложений. Она содержит 77 страниц основного текста (включая 50 рисунков и 11 таблиц) и 3 страницы оглавления. Список использованных источников включает 30 наименований и занимает 3 страниц. Четыре приложения имеют объем 56 страниц (включая 17 рисунков, 5 таблиц).

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность исследования, ставятся цели и задачи, определяются предмет, объект исследования, научная новизна и практическая ценность.

В первой главе рассмотрены исторические предпосылки возникновения сооружений на плавучих основаниях, классификация жилых и общественных сооружений на плавучих основаниях, формулирование проблемы и постановка задачи исследования, анализ существующих современных прототипов, условия эксплуатации и нормативные требования, техническое предложение плавучего отеля, ресурсы свободной энергии, возможности применения судна с малой площадью ватерлинии.

Жилища на плавучем основании имеют тысячелетнюю традицию. Деревни и плавучие города - обязательная часть истории и культуры Таиланда, Камбоджи, Индонезии, Вьетнама и других стран Восточной Азии. На территории Китая история плавучих поселений связана с реками Хуанхэ и Янцзы. Речные народы Китая обладали богатым опытом строительства жилья на воде. Особой чертой китайских, а также тайских и вьетнамских надводных жилищ считалось то, что в качестве плавучего основания использовалась лодка.

То есть, классическим архетипом восточноазиатского жилища на воде считается жилище в лодке. Целые городские районы Камбоджи состояли из плавающих жилищ, соединенных друг с другом лабиринтообразной сетью водных путей. Надводные жилища располагаются на плотках из металлических бочек, связанных между собой.

Плавающие дома можно разделить по ряду симптомов на несколько групп. Во-первых, самоходные и несамоходные. Первые предусмотрены в основном для интенсивного развлечения, путешествий и в принципе имеют свободу плавания по рекам, озерам и ограниченным прибрежным морским зонам (высота волн - не более 1,2-1,5 м, скорость ветра - не более 15 м/с).

Несамоходные плавающие дома предназначены для длительного, а то и круглогодичного проживания. Они устанавливаются на набережных озерах, каналах и рек, прилегающих к городам. В России такие объекты используются в основном для обустройства ресторанов, гостиниц.

Плавающие дома подразделяются также на специально спроектированные и переоборудованные баржи, дебаркадеры.

На основе обзорного анализа сформулировано техническое предложение плавающего дома отдыха катамаранного типа (табл. 1).

Таблица 1 – Технические характеристики плавающего отеля

Тип судна	Плавающий отель
Архитектурно-конструктивный тип	Катамаран со стальным корпусом и двухъярусной надстройкой
Район плавания речного Регистра	«R2 RSN»
Количество кают	7
Количество пассажиров	14
Экипаж и обслуживающий персонал, чел	8
Наибольшая скорость хода, уз	9
Мощность двигателей, кВт	2 x 60
Главные размерения:	
длина наибольшая, м	19
ширина наибольшая, м	9
высота надстроек, м	2,4

Планировочные решения плавучего отеля:

1. В корпусе катамарана размещаются отсеки цистерн и сухие отсеки, позволяющие хранить в них продукты.
2. На главной палубе располагаются общественные помещения: салон-ресторан, тренажерный зал, конференц-зал, кухня. Находятся – электро-щитовая, продуктовый склад, комната с хозяйственным оборудованием.
3. На втором ярусе надстройки расположены 7 двухместных кают для пассажиров.
4. Каюты экипажа располагаются в носовой части надстройки.
5. В корме предусмотрена аппарель для схода на берег и в воду, а так же подвесные двигатели.
6. На третьем ярусе в носовой части располагается рубка и просторная площадка с шезлонгами, барная стойка. На этой площадке может быть расположен бассейн.

Во второй главе рассмотрены особенности проектирования плавучего отеля с применением технологий CAD. Выполнены расчёты начального этапа проектирования судна. Построена 3D модель поверхности корпуса судна в программе FreeShip (рис. 1). Построены модели общего расположения плавучего отеля (рис. 2 и 3). Выполнен расчёт конструкций корпуса по правилам речного Регистра судоходства России. На его основе построена 3D модель конструкции корпуса плавучего отеля (рис. 4) в системе AutoCAD.

В третьей главе проведен компьютерный анализ мореходных качеств судна. Рассмотрены катамараны с четырьмя вариантами корпусов, имеющих одинаковые габаритные размеры и водоизмещение (рис. 5). Форма 1 имеет технологичные обводы из плоских листов. Форма 2 имеет гладкие обводы и несколько увеличенную ширину корпусов. Форма 3 отличается от варианта 2 меньшей шириной и асимметричной формой корпусов с плоскими внутренними бортами. Форма 4 отличается малой площадью ватерлинии, сигарообразными подводными корпусами и увеличенной осадкой.

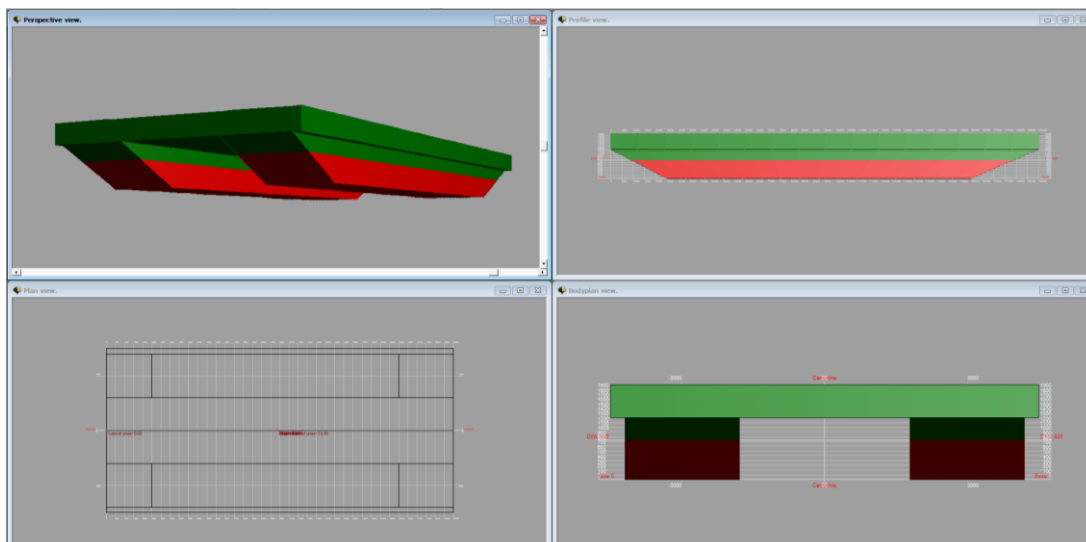


Рисунок 1 – 3D модель поверхности корпуса судна в программе FreeShip

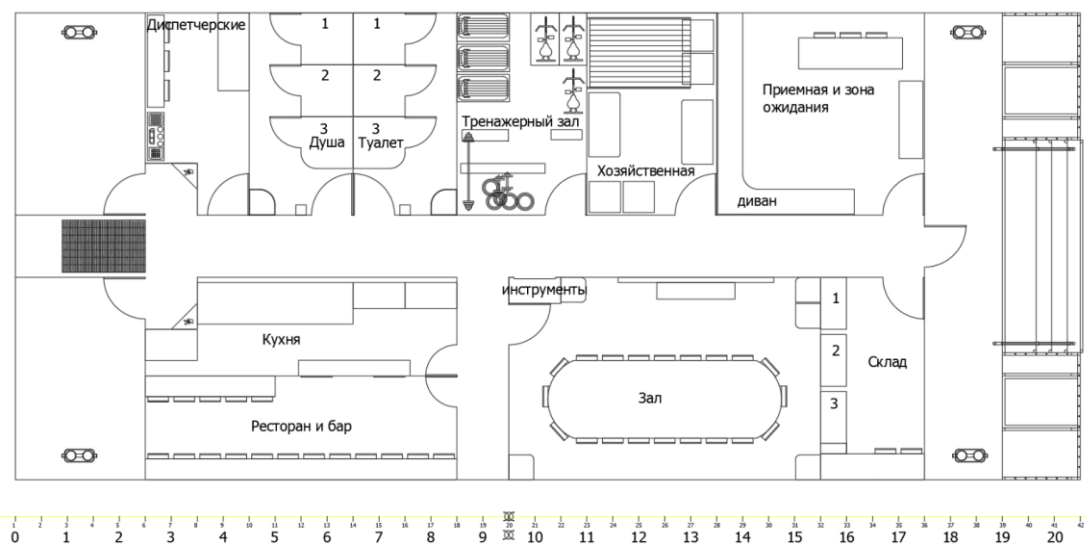


Рисунок 2 – План помещений первого яруса плавучего отеля

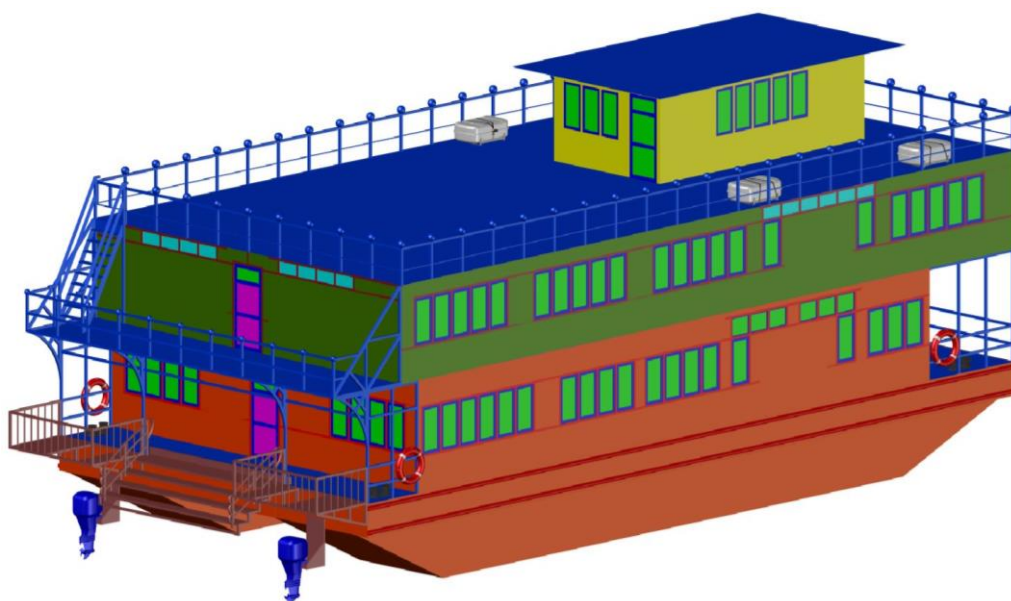


Рисунок 3 – 3D модель общего расположения плавучего отеля

3D Модель структура корпуса

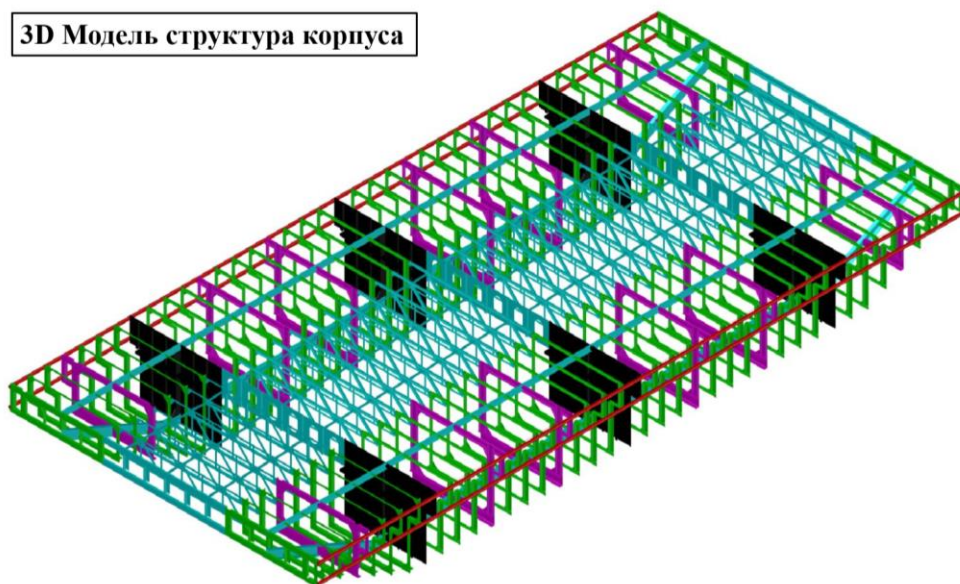


Рисунок 4 – 3D модель конструкции корпуса плавучего отеля

Представлены примеры волнообразования при движении моделей. В таблице 2 приведены результаты расчётов сопротивления и буксировочной мощности для двух скоростей движения методом конечных объёмов (VOF) и по приближённой методике (в системе FreeShip). Расчёты поперечной качки проведены на волнении с периодом $T = 2$ с и амплитудой $A = 1$ м. На рисунке 6 приведены характерные кадры процесса качки двух моделей. Расчёты гидростатики, устойчивости на больших углах крена выполнены в программе FreeShip.

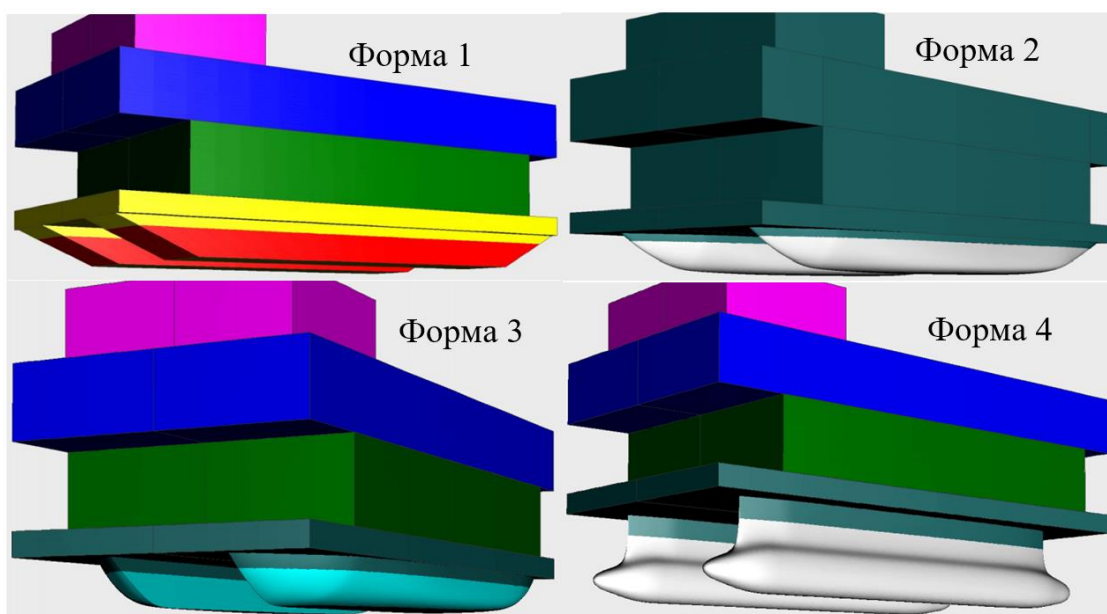


Рисунок 5 – Варианты корпусов плавучего отеля

Таблица 2 – Сравнение результатов расчёта сопротивления и мощности

Варианты	Сопротивление, кН		Буксировочная мощность, кВт	
	метод VOF	приближенный метод	метод VOF	приближенный метод
Скорость 4 м/с				
Форма 1	16,17	14	64,7	56
Форма 2	9,25	12	37,0	48
Форма 3	11,6	11	46,4	44
Форма 4	12,2	14	48,8	56
Скорость 4.5 м/с				
Форма 1	21,52	20	96,8	90
Форма 2	12,29	15	55,3	67,5
Форма 3	15,02	14	67,6	63
Форма 4	14,57	17	65,6	76,5

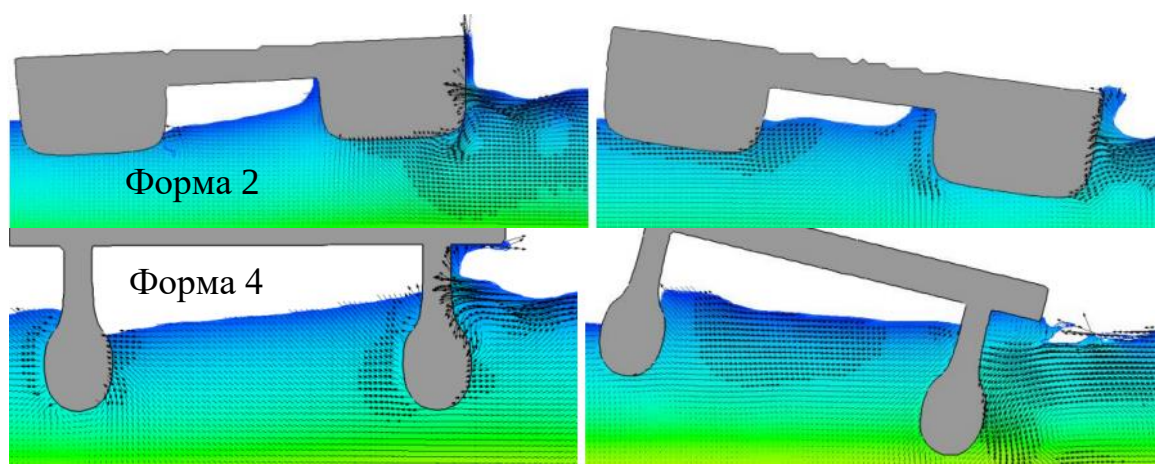


Рисунок 6 – Поперечная качка моделей с формами 2 и 4

Обобщая результаты проведенных исследований, можно отметить следующие особенности:

1. Переход к упрощённым обводам (форма 1) требует существенного увеличения мощности на преодоление сопротивления воды движению судна (до 70 %).
2. Обтекаемая форма 2, несмотря на увеличенную ширину корпусов, обеспечивает наименьшее сопротивление.
3. Поперечная качка модели с малой площадью ватерлинии отличается существенной нерегулярностью. Вертикальная качка меньше, но бортовая

качка может проходить с большими углами крена по сравнению с другими вариантами.

4. Наилучшие характеристики качки показала модель с упрощёнными обводами (по-видимому, острые скулы увеличивают демпфирование качки).

В четвёртой главе рассмотрены особенности анализа конструкций судна на основе технологий CAE (рис. 7). Даны рекомендации по конструкции корпуса по результатам анализа прочности:

1. Для повышения технологичности тонкостенной конструкции корпуса и уменьшения остаточных сварочных деформаций рекомендуем применение уголкового профиля для балок основного набора, а также приварку набора прерывистыми сварными швами.
2. Расчёты прочности на кручение показали необходимость применения раскосов в конструкции моста.

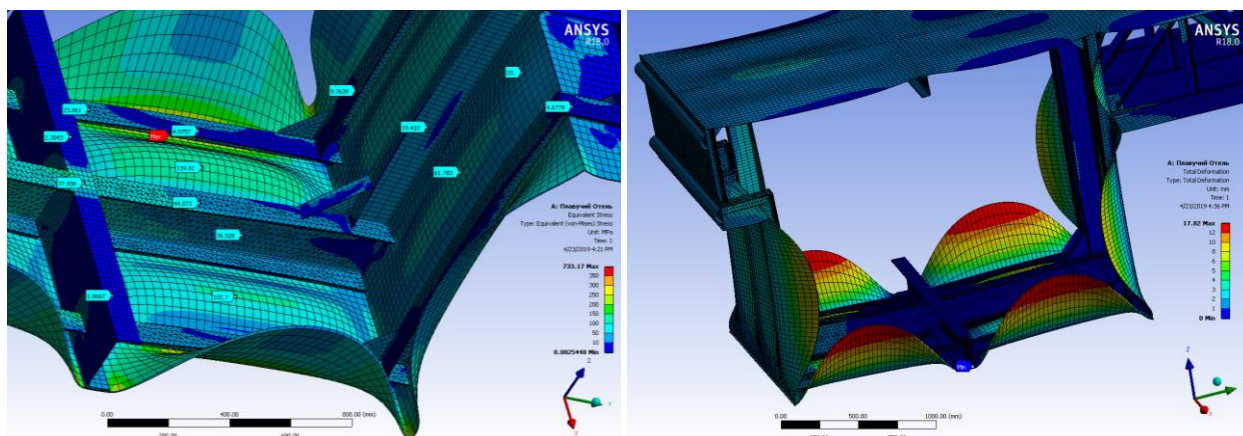


Рисунок 7 – Анализ напряжений и деформаций

В пятой главе рассмотрены исследование современных и перспективных технологий постройки и поддержки эксплуатации судна. Строительство и основные поставки выполняются согласно графику строительства заказа. Метод формирования корпуса: секционно-блочный. Корпус судна разбит по длине на 4 отдельных суперблока. Каждый суперблок состоит из двух блоков корпусов и секции моста. Надстройка разбита на 3 отдельных части. Схема разбивки на блоки приведена на рисунке 8. Изготовление узлов и секций корпуса, фундаментов под оборудование производится в участке сборки и сварки плоских секций и

участке объемной сборки (рис. 9). Формирование блоков корпуса производится в сборочно-сварочном цехе. Затем блоки корпуса и секции моста поставляются на стапельное построечное место. Надстройка разбита на 3 блока: нижняя часть (1й ярус), средняя часть (2й ярус), и верхняя часть (рубка). Изготовление крупногабаритных секций блоков надстройки производится на отдельном участке. Работы производятся по специально разработанным технологическим процессам и указаниям, учитывающим особенности композиционных материалов надстройки.

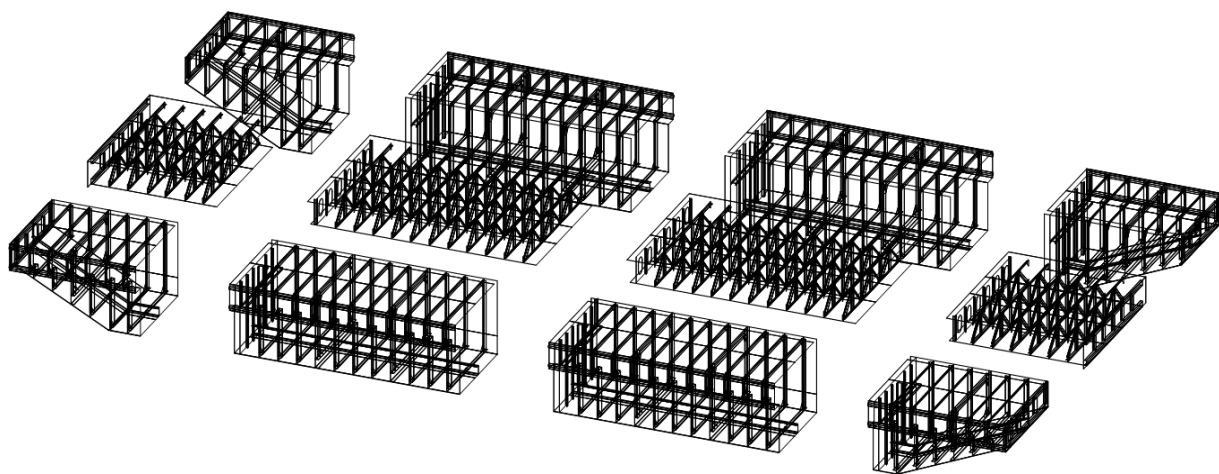


Рисунок 8 – 3D блоки корпуса судна и секции моста

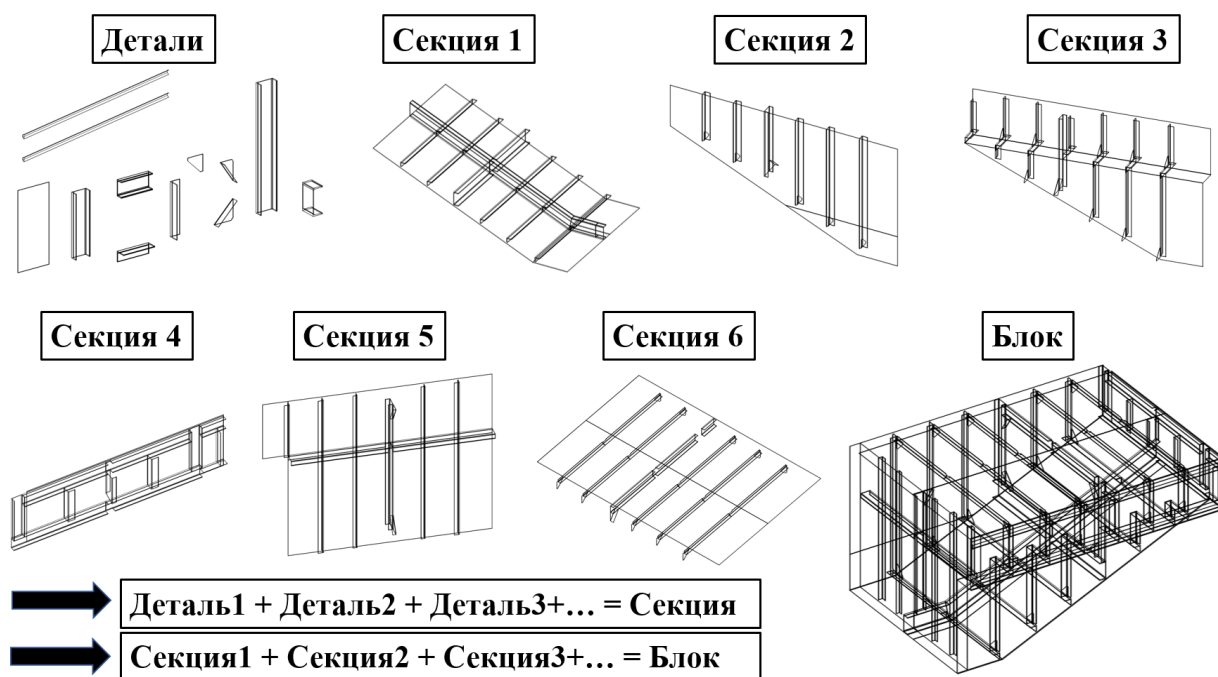


Рисунок 9 – Изготовление и сборка секций и блока оконечности

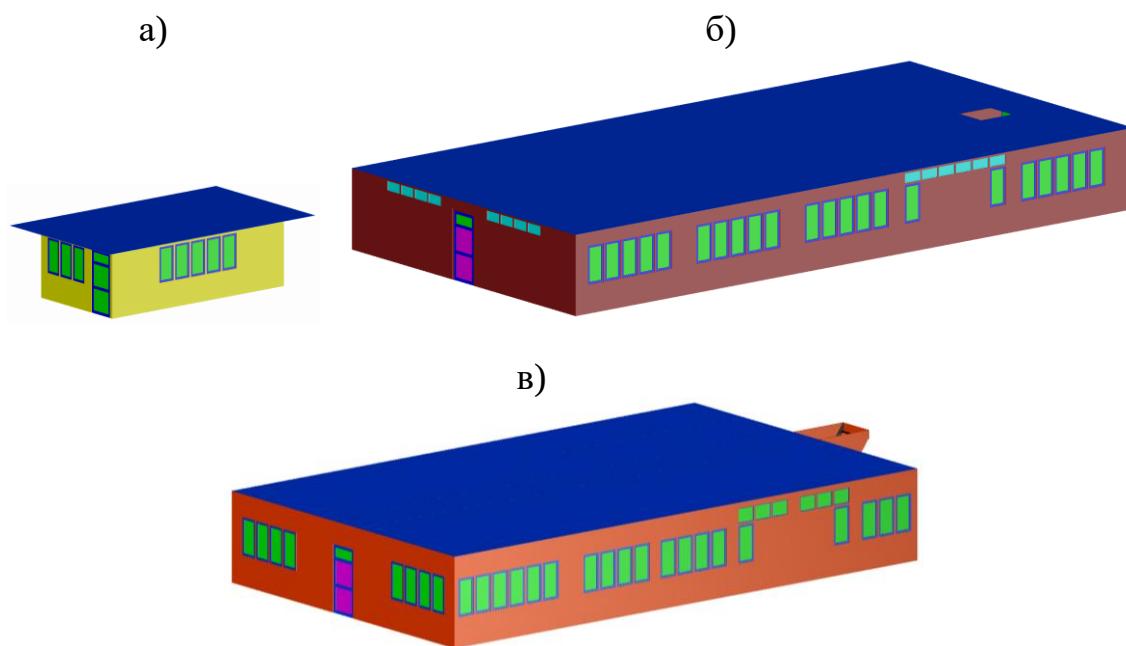


Рисунок 10 – Блоки надстройки плавучего отеля
а – верхняя часть; б – средняя часть; в – нижняя часть

В заключении представлены основные результаты работы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Разработано техническое предложение плавучего отеля. Выполнены основные проектные расчёты судна в первом приближении.
2. Разработаны 3D модели формы корпуса, общего расположения, конструкции корпуса на основе технологий CAD.
3. Выполнены расчёты остойчивости, ходкости, прочности и вибрации конструкций на основе технологий CAE.
4. Применение численного моделирования позволило выявить особенности мореходных качеств катамаранов в зависимости от формы корпусов.
5. На основе численного анализа прочности предложена конструкция моста с применением раскосов.
6. Применение технологий ТРИЗ и функционально-стоимостного анализа позволило улучшить мореходные качества плавучего отеля и планировку помещений надстройки.
7. В работе показана необходимость применения технологий CAD/CAE, которые позволяют: а) уменьшить вероятность ошибок проектирования; б)

обосновать изменения в новых конструкциях на основе вычислительных экспериментов; в) повысить качество проектов.

8. Работа может быть основой для методических разработок по выполнению учебных проектов на основе современных компьютерных технологий.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Сейн Мо, Чижиумов С. Д. Проект плавучего отеля для Мьянмы // Научно-техническое творчество аспирантов и студентов: материалы 48-й НТК студентов и аспирантов / редкол.: Э.А. Дмитриева (отв. ред.) [и др.]. - Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2018.

2. Сейн Мо, Чижиумов С. Д. Анализ гидродинамики плавучего отеля // Научно-техническое творчество аспирантов и студентов: материалы 49-й НТК студентов и аспирантов / редкол.: Э.А. Дмитриева (отв. ред.) [и др.]. - Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2019.