

Министерство образования и науки Российской Федерации
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
САНКТ- ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МОРСКОЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

УДК 629.12.001

На правах рукописи

Францев Михаил Эрнстович

Разработка методики проектирования
верхних строений малых судов
на основе многослойных оболочковых конструкций

Специальность 05.08.03. - Проектирование и конструкция судов

Автореферат
диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

г. Санкт - Петербург
2005

Работа выполнена в Санкт-Петербургском государственном морском техническом университете

Научный руководитель: д.т.н., профессор Царев Б.А.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор В.Н. Разуваев

кандидат технических наук, А.А. Кутенев

Ведущая организация: Российский Речной Регистр, Москва

Защита состоится “___”_____2006 г. в ___ часов на заседании Диссертационного совета Д 053.23.04 в Санкт-Петербургском Государственном Морском Техническом Университете по адресу: 190008, Санкт-Петербург, ул. Лоцманская, д. 3, Актовый зал.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные гербовой печатью, просим направлять в адрес Совета.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Санкт-Петербургского Государственного Морского Технического Университета.

Автореферат разослан “___”_____2006 г.

Учёный секретарь
Диссертационного совета
Д 053.23.04
Д. т. н., профессор

А.Н. Суслов

Общая характеристика работы

Актуальность темы. Проектирование верхних строений малых судов является важной частью более общей задачи создания рационального облика малых судов. При этом наиболее ответственно вопрос ставится для скоростных малых судов, в том числе для судов на воздушной подушке (СВП) и катамаранов. Верхние строения в большой степени влияют на характеристики компоновки, комфортабельности, обитаемости, формируют внешний облик малого судна, в котором желательно проявление динамичности. В настоящее время перечисленные вопросы разработаны недостаточно. Методика их решения формируется на основе разрозненных рекомендаций. Наряду с новым проектированием катеров и других малых судов актуален и модернизационный подход. Необходимы новые подходы к проектированию малотоннажных судов. Климатические условия нашей страны способствуют ускоренному старению стеклопластиковых конструкций. Поэтому важно создавать суда из сталей и легких сплавов, хорошо зарекомендовавших себя в условиях российского климата. Сочетание современных дизайнерских решений с конструктивными и технологическими достижениями отечественной науки и промышленности способно стать фундаментом для создания катеров и малых судов с принципиально новыми потребительскими качествами и обеспечить надежные позиции в конкурентной борьбе при создании продукта мирового судостроения. Необходимо повышение обитаемости судов, доведение ее до современных стандартов, (при обеспечении мореходных качеств). Для реализации этой задачи необходимо увеличивать полезную вместимость судна. Часть увеличенного объема помещений может располагаться в надпалубном пространстве. Это ведет к увеличению объема надстроек, рубок и других верхних строений. Мореходные характеристики судов, изменяемых таким образом, могут быть обеспечены только в случае, если увеличение объемов надстроек не повлечет кардинального повышения расположения центра масс судна. Соблюдение этого условия возможно только за счет применения многофункциональных конструкций. Одним из видов таких конструкций, являются многослойные оболочки. Для проектирования судов, с верхними строениями, являющимися многослойными оболочками, необходимы обоснование и разработка соответствующих методов проектирования. Такая тема очень актуальна.

Целью исследования является разработка метода рационального проектирования верхних строений судна в виде многослойных

оболочковых конструкций, его согласование с общей схемой оптимизации проектных характеристик.

Для достижения цели были поставлены и решены следующие **задачи исследования**:

- обоснован метод обеспечения мореходных качеств судна при увеличении объемов верхних строений на основе многослойных оболочковых конструкций;
- определена область оптимального применения данного методического подхода;
- обоснована целесообразность изменения архитектурно-конструктивного типа судна при применении данного метода;
- обоснован выбор и возможность применения исходного сырья и материалов, для изготовления конструкций верхних строений судов в виде многослойных оболочек;
- определены массовые параметры конструкций верхних строений в виде многослойных оболочек, обоснован выбор способа оптимизации массы конструкций в зависимости от внешних усилий, действующих на конструкции;
- определены механические характеристики конструкций в виде многослойных оболочек, обоснован выбор расчетных схем для расчетов прочности и устойчивости всей конструкции, а также отдельных ее элементов;
- обоснован выбор конструктивных схем, взаимного расположения элементов конструкции в виде многослойной металлополимерной оболочки, определены конструктивные мероприятия по минимизации отрицательных внешних воздействий;
- разработана технология создания верхних строений в виде многослойной металлополимерной оболочки, сформирована нормативно-технологическая база;
- проанализированы Правила классификационных обществ с целью соотнесения проектных решений с требованиями Правил.

Объектом исследования являются суда длиной до 30 м. Суда движутся в водоизмещающем и переходном режимах, а также на основе динамических принципов поддержания.

Предметом защиты являются результаты разработки и практического внедрения методики проектирования верхних строений катеров и малых судов в виде многослойных оболочковых конструкций. Для обоснования методики выполнены проектные и экспериментальные исследования, позволившие сформулировать принципы проектного анализа на начальных этапах создания водоизмещающих и

гליссирующих катеров и малых судов разъездного, прогулочного и спасательного назначения, имеющих верхние строения в виде многослойной металлополимерной оболочки. Обосновываются методы детальной разработки нагрузки масс, характеристик компоновки, остойчивости, качки, экономичности, используемые на практических этапах создания конструкторской документации. Объектом защиты является проект малого водоизмещающего катера, имеющего верхние строения в виде многослойной металлополимерной оболочки, построенное по этому проекту судно, а также аванпроект скоростного пассажирского катамарана, созданные под непосредственным руководством диссертанта. Построенное судно в процессе эксплуатации подтвердило рациональность заложенных в него проектных решений.

Методологической и теоретической основой исследования послужил синтез результатов теоретических и экспериментальных исследований в области проектирования малых судов, а также их конструкций из многослойных панелей и оболочек. Достоверность научных выводов и практических рекомендаций основывается на положениях, сформулированных в исследованиях по методике оптимизации В.В. Ашика, А.В. Бронникова, В.М. Пашина, И.Г. Захарова, А.И. Гайковича, Г.Ф. Демешко, В.Н. Разуваева. Б.А. Царевым рассмотрены оптимизационные аспекты перспективного проектирования скоростных судов, сделан прогноз эволюции архитектурно-конструктивного типа скоростных судов. Вопросам обеспечения безопасности и плавучести рассматриваемых судов посвящены работы Н.Б. Севастьянова, Р.В. Борисова, Д.И. Кизилова. Под руководством Г.Е. Андреева создано семейство амфибийных судов на воздушной подушке, имеющих рубку в виде стеклопластиковой многослойной оболочки, накоплен и обобщен для задач проектирования опыт их эксплуатации. Теория расчета одноярусных надстроек была разработана Ю.А. Шиманским. Н.Л. Сиверсом углублен и конкретизирован метод расчета и конструирования судовых надстроек. И.И. Тряниным предложен способ расчета надстроек с большими вырезами. Общая теория оболочек сформулирована В.З. Власовым. Теория тонких оболочек в приложении к вопросам прочности корабельных конструкций разработана В.В. Новожиловым. Общая теория анизотропных оболочек предложена С.А. Амбарцумяном. Новая модель теории тонких оболочек, позволяющая представить напряженное деформированное состояние оболочки в виде двумерного потока в слое, ограниченном поверхностями, предложена Ю.В. Головешкиным. И.Ф. Образцовым разработаны принципы строительной механики скошенных тонкостенных систем, развита

теория пластин и оболочек. Рассмотрены вопросы оптимальной структуры и прочности слоистых композитов при плоском напряженном состоянии, а также оптимального армирования оболочек вращения. Предложены методы расчета оболочек типа кессона. А.Я. Александровым предложены решения в области расчета оптимальных параметров трехслойных панелей и пологих оболочек с различными заполнителями, определены приведенные упругие параметры сотовых заполнителей трехслойных панелей.

Информационная база исследования включает научные источники в виде данных и сведений из книг, журнальных статей, научных докладов и отчетов, материалов научных конференций и семинаров, официальные документы в виде Правил классификационных органов, государственных и отраслевых стандартов, результаты собственных расчетов и проведенных экспериментов.

Наиболее существенные результаты и научная новизна диссертационной работы состоят в разработке метода повышения весовой эффективности и улучшения обитаемости малого судна за счет применения многослойных оболочковых конструкций в качестве верхних строений при обеспечении мореходных качеств и характеристик безопасности.

Сравнительный анализ проектных характеристик современных катеров и малых судов отечественного и зарубежного производства, исследование теоретических вопросов и результатов экспериментов в области прочности, конструкции и технологии изготовления многослойных оболочек и панелей, а также соотнесение их с вероятным изменением мореходных качеств судна, эмпирическое тестирование эффективности применения различных моделей поддержки принятия решений при проектировании привели к следующим результатам, содержащим, по мнению автора, элементы **научной новизны**:

- Разработана методика проектирования катера или малого судна разъездного, прогулочного и спасательного назначения, имеющего конструкции верхних строений в виде многослойной оболочки.
- Предложен способ повышения весовой эффективности малого судна за счет применения многослойных оболочек для надстройки, рубки и других верхних строений судна при обеспечении мореходных качеств.
- Предложен способ существенного улучшения обитаемости малого судна за счет применения многослойных оболочек для надстройки, рубки и других верхних строений судна без изменения его подводной части с обеспечением мореходных качеств.

- Предложен алгоритм определения ожидаемых изменений мореходных качеств судна, являющихся следствием применения оболочки для верхних строений.
- Произведено обобщение результатов теоретических и прикладных исследований, а также натурных экспериментов в области прочности многослойных оболочек и панелей в приложении к надстройке малого судна.
- Разработана оригинальная конструкция металлополимерной оболочки, разработаны и скомпонованы технологические процессы ее изготовления.
- Спроектирован, построен, испытан и сертифицирован по требованиям классификационного общества опытный образец малого судна с надстройкой многослойной металлополимерной оболочковой конструкции.

Практическая значимость исследования. Разработанная методика проектирования, а также полученные и использованные в работе обобщенные результаты исследований и экспериментов могут быть применены при проектировании катеров и малых судов. Они могут быть также использованы при разработке архитектурно-компоновочных и прочностных схем при конструировании надстройки в виде многослойной оболочки. Алгоритмы рационального проектирования могут быть применены на начальных этапах создания проекта судна: при проработке технического предложения (аванпроекта), а также на стадии эскизного проекта для уточнения параметров плавучести, остойчивости, конструктивно-силовой схемы судна и его отдельных элементов. Конструкторские и технологические разделы работы могут быть использованы в рабочем проектировании.

Апробация результатов исследования. Произведено проектирование, постройка, испытания и сертификация по требованиям Речного Регистра России опытного образца судна, имеющего надстройку многослойной металлополимерной оболочковой конструкции, созданной по разработанной технологии. Выполнено сравнение результатов расчетов, произведенных при проектировании, и данных, полученных на испытаниях опытного образца судна, с качествами прототипа. Проект опытного образца судна 82340 согласован Российским Речным Регистром без отступлений от Правил. Судно построено по проекту 82340 под техническим наблюдением Речного Регистра России. Этим учреждением выдан установленный пакет документов, подтверждающий годность судна к плаванию. Проект 82340 приобретен Ярославским судостроительным заводом для

модернизации катеров проекта 371У. Заканчиваются работы на первом судне установочной серии. Срок сдачи судна - декабрь 2005 года. Разработано техническое предложение (аванпроект) скоростного пассажирского мелкосидящего малоразмерного катамарана для г. Москвы пассажировместимостью 50 чел., имеющего надстройку многослойной металлополимерной оболочковой конструкции.

По основным разделам диссертационного исследования делались доклады на конференции «Моринтех»-2005» и на научно-технической конференции Санкт – Петербургского государственного морского технического университета «Кораблестроительное образование и наука – 2005».

Публикации Предварительные результаты работы опубликованы в журнале Капитан-клуб № 5 за 2000 год и Речной транспорт (XXI век) № 5 за 2003 год. Основные результаты работы опубликованы в журнале Судостроение № 1 за 2005 год и в журнале Речной транспорт (XXI век) в № 1 и № 6 за 2005 год. Основные положения работы содержатся в докладе, опубликованном в Материалах конференции «Моринтех»-2005» в Сборнике тезисов докладов.

На защиту выносятся описываемые в работе результаты теоретических и прикладных исследований, натурных экспериментов, а также результаты численных расчетов и испытаний опытного образца судна.

Структура и объём работы. Работа состоит из пяти глав, введения, заключения, содержащего выводы, и библиографии, содержащей 121 наименование. Работа, изложенная на 236 страницах, содержит 93 рисунка, графика и блок-схемы, а также 13 таблиц и приложения.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении рассмотрены общие тенденции развития катеров, а также направления и процессы применения в малом судостроении опыта конструирования других транспортных средств. Отмечено, что одним из способов решения задач по повышению весовой эффективности изделий является применение многофункциональных конструкций.

В **первом** разделе дается общая характеристика элементов судов разъездного, прогулочного и спасательного назначения отечественного и зарубежного производства, определяются направления развития конструктивно – компоновочных решений, а также способы повышения качества проектов отечественных судов.

В подразделе 1.1. проанализированы характерные особенности малых водоизмещающих, глиссирующих судов отечественной постройки, а также катеров на воздушной подушке. Рассмотрен опыт создания стеклопластиковых рубок многослойной оболочковой конструкции амфибийных катеров на воздушной подушке, созданных ЦКБ "Нептун". Применение оболочек для рубок АКВП позволило создать суда с хорошими тактико-техническими данными, выдающиеся в области экономичности, за счет снижения массы корпусных конструкций. Определены черты архитектурно - конструктивного типа судов, подчеркнуты их достоинства и недостатки с точки зрения применения в современных условиях. К особенностям большинства малых судов, спроектированных во второй половине двадцатого века, относятся следующие общие для них черты:

- высокие мореходные качества;
- большая свободная площадь главной палубы;
- относительно малый удельный объем рубок и надстроек;
- расположение большинства помещений внутри корпуса;
- низкие характеристики помещений в области изоляции от шума и вибрации;
- низкая обитаемость помещений;
- малый удельный объем общественных помещений;
- ограниченное количество санитарно - бытовых помещений;
- малая удельная площадь остекления постов управления и других помещений в рубках.

В подразделе 1.2. дан краткий обзор импорта в Россию малых судов, произведено определение их конкурентных преимуществ и недостатков. Описаны конструктивные особенности малого судна зарубежной постройки с корпусом из композиционных материалов. В качестве конкурентных преимуществ определены: современный дизайн, высокие стандарты обитаемости, низкий уровень физических полей, совершенные механизмы и качественная отделка. Выявлены недостатки, в первую очередь, низкая стойкость корпусов из полимеров в условиях отечественного климата.

Произведены расчеты и на их основании выполнен анализ изменения ряда величин для двух групп катеров длиной менее 10 м и длиной 10 – 30 м. Построены графики, отражающие изменение водоизмещения порожнем $D_{пор}$ в зависимости от длины судна L для каждой группы катеров. Построено семейство графиков отражающих изменения соотношений L/B , B/T , $\delta_{усл}$ на фоне изменения $D_{пор}$.

Проанализированы составляющие дедвейта для катеров данного типа и назначения. Построены графики, отражающие изменение величины составляющих дедвейта в зависимости от водоизмещения, и изменение коэффициента утилизации по дедвейту η_{DW} в зависимости от длины судна L для каждой группы катеров.

Проанализированы изменения доли массы энергетической установки судна в водоизмещении порожнем, изменение энерговооруженности судна $N/D_{пор}$ в зависимости от его длины L и построены семейства графиков для каждой группы катеров. Проанализировано изменение энерговооруженности судна в зависимости от его абсолютной скорости V , числа Фруда по водоизмещению Fr_V и построены семейства графиков. Произведено определение величины адмиралтейского коэффициента C_a и проведен анализ характера его изменений в зависимости от абсолютной скорости V и числа Фруда по длине Fr_L , построено семейство графиков для каждой группы катеров.

Зависимость водоизмещения от длины

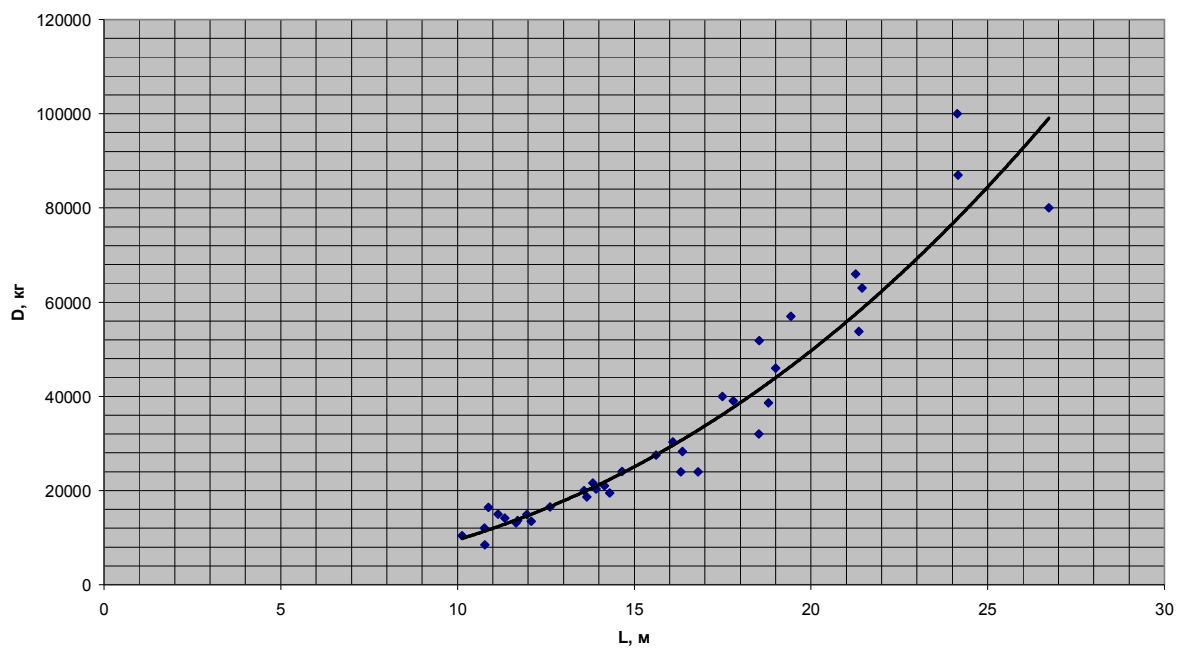


Рис. 1. Изменение $D_{пор}$ от L для катеров длиной более 10 м

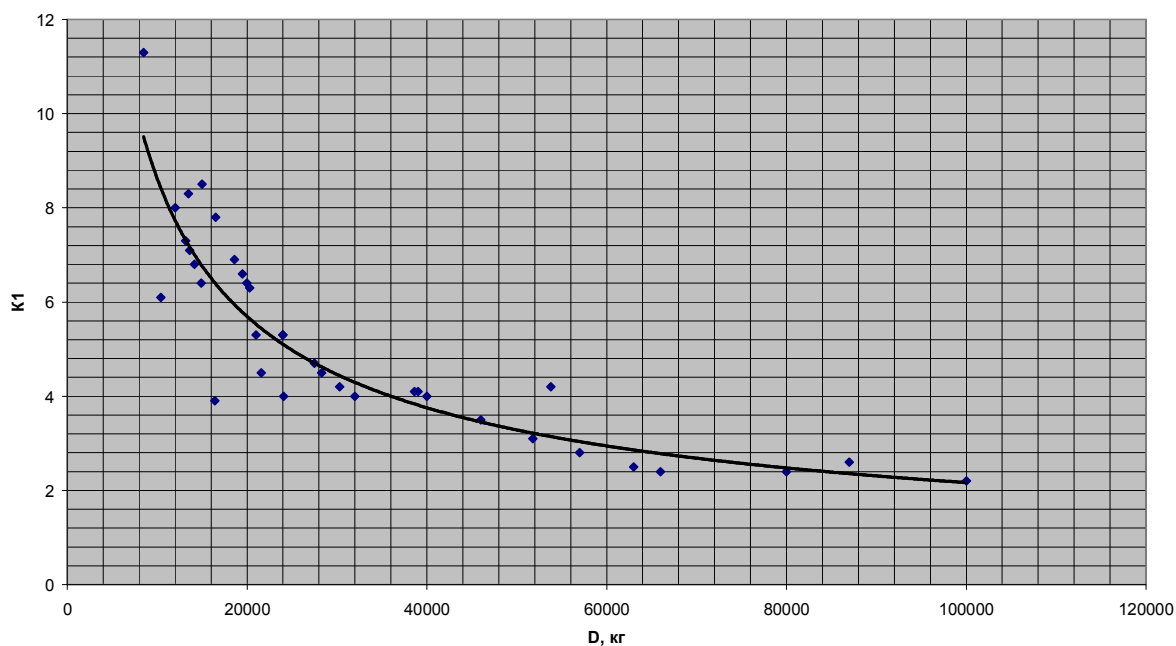
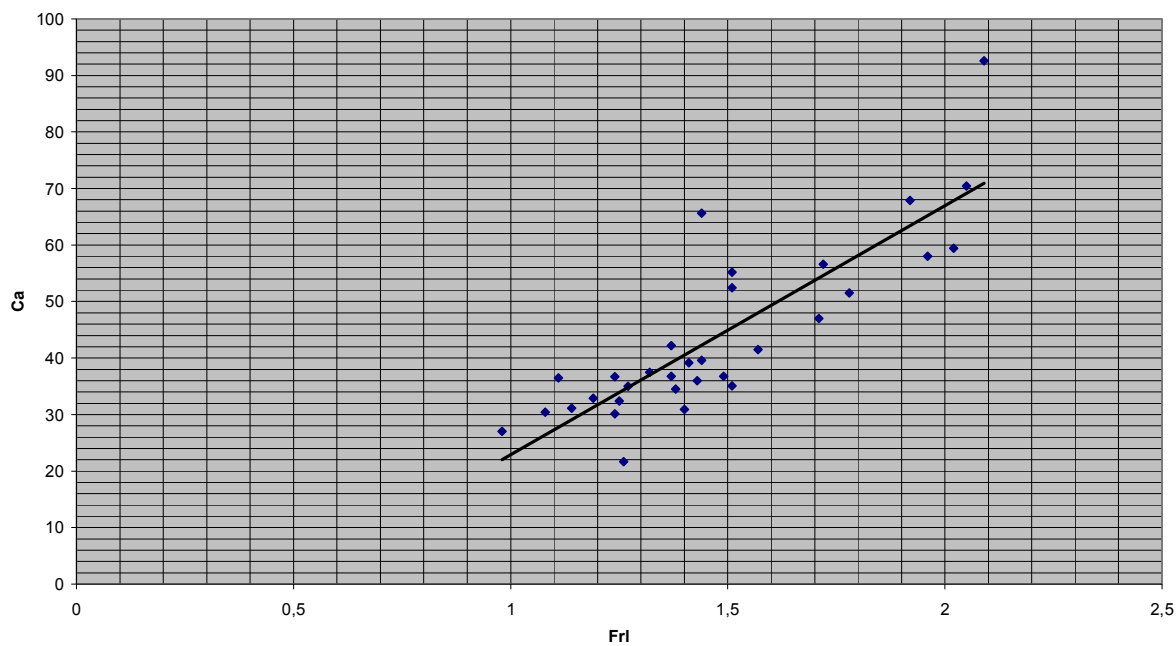
Зависимость K_1 от водоизмещения

Рис. 2. Изменение доли массы пассажиров в зависимости от водоизмещения порожнем для катеров длиной более 10 м

Зависимость C_a от Fr_L Рис. 3. Изменение C_a от Fr_L для катеров длиной более 10 м

В подразделе **1.3.** приведен обзор реализованных новых решений в области применения многослойных оболочек из композиционных материалов для различных корпусных конструкций в мировом малотоннажном судостроении.

В подразделе **1.4.** выполнен сравнительный анализ обитаемости современных отечественных судов и судов зарубежной постройки. Ограничение ширины корпуса малого судна «железнодорожным габаритом» является дополнительным фактором, требующим специальных мероприятий по обеспечению остойчивости.

Раздел **2** посвящен конкретному приложению ранее рассмотренных позиций к задачам проектирования судов данного назначения.

В подразделе **2.1.** указывается, что для разъездных, прогулочных и спасательных катеров и малых судов при оценке экономической эффективности большую роль играют его потребительские качества. Они определяются его проектными элементами и определяют его строительную стоимость и, соответственно, норму прибыли. С точки зрения разработчика и производителя может быть сформулирован критерий экономической эффективности строящегося судна:

$$C=f(x) \rightarrow \min \quad (1)$$

где, C – себестоимость постройки катера или малого судна в функции от его элементов.

В подразделе **2.2.** определено, что в большой степени архитектурно – компоновочную схему катера или малого судна определяет режим его движения. Сложились основные архитектурно – компоновочные схемы водоизмещающих, глиссирующих катеров, судов, движущихся в переходном режиме, а также на воздушной подушке. Существует взаимопроникновение удачных технических решений в архитектурно – компоновочных схемах. Важными условиями в архитектурно-компоновочной схеме катера или малого судна, являются мощность, тип и компоновка его двигателей в сочетании с движительно-рулевым комплексом, а также расположение МО внутри корпуса. Для тех разработок, где исследуется рациональная компоновка верхних строений, достаточно оценить мощность ориентировочно во взаимосвязи с принятыми характеристиками массы и длины. Полезной функцией разъездных, прогулочных и спасательных катеров являются объемы их внутренних помещений, в которых находится определенное количество людей при заданном уровне комфорта и нахождении в помещениях определенного оборудования. Полная теоретическая вместимость катера или малого судна определяется как:

$$W=V+W_{\text{в}}+W_{\text{р}} \quad (2)$$

V -объемное водоизмещение, $W_{\text{в}}$ - вместимость корпуса выше КВЛ, $W_{\text{р}}$ - вместимость рубки и других верхних строений

С учетом коэффициента развития надстроек и рубок уравнение вместимости может быть записано:

$$W=(1-\omega_{\text{р}})V[1+\alpha/\delta(H/T-1)(1+k_{\text{в}})] \quad (3)$$

Где $\omega_{\text{р}}=W_{\text{р}}/W_{\text{в}}$ коэффициент развития надстроек и рубок, $k_{\text{в}}$ - коэффициент полноты объемов.

Это же уравнение может быть представлено в виде:

$$W=\sum W_i=n_{\text{пас}}(w_{\text{к}}+w_{\text{о}}+w_{\text{с}})+W_{\text{мо}}+W_{\text{пу}}+W_{\text{тб}}+W_{\text{бп}}+W_{\text{зи}}+W_{\text{вб}}+W_{\text{рез}} \quad (4)$$

где $n_{\text{пас}}$ -число пассажиров и членов экипажа на борту, $W_{\text{к}}$ - удельный объем кают $W_{\text{о}}$ - удельный объем общественных помещений, $W_{\text{с}}$ - удельный объем санитарно-бытовых помещений, $W_{\text{мо}}$ –объем машинного отделения или моторного отсека, $W_{\text{пу}}$ - объем постов управления, $W_{\text{тб}}$ - объем топливных баков, $W_{\text{бп}}$ - объем блоков плавучести, $W_{\text{зи}}$ - объем термозвукоизоляции, $W_{\text{вб}}$ - объем водяных баков. $W_{\text{рез}}$ - резервный объем.

Определяются объемы составляющих в уравнении.

В подразделе 2.3. указано, что при определении интервала характеристик базового варианта необходимо, опираясь на назначение судна и ожидаемые его эксплуатационные качества, разделить характеристики на доминирующие и второстепенные. Суда различного назначения могут быть созданы на базе одной и той же архитектурно – компоновочной, гидродинамической, прочностной и технологической схемы. Обеспечение доминирования качеств является следствием ухода соответствующих характеристик судна из области оптимальных в область максимальных значений с одновременным смещением других характеристик в область минимальных значений.

Математическая модель задачи оптимизации главных размерений на основе экономического критерия для прогулочного судна в общем виде может выглядеть так. В качестве основных переменных, подлежащих рассматриваются следующие величины и соотношения: D - водоизмещение судна, L - длина судна, B - ширина судна, T - осадка судна, δ - коэффициент общей полноты, α - коэффициент полноты

ватерлинии, β - коэффициент полноты мидель-шпангоута, H - высота борта, L/B - отношение длины судна к ширине, B/T - отношение ширины судна к осадке, H/T - отношение высоты борта к осадке. В интервале длин, определенных в рамках конкретного архитектурно – компоновочного решения для каждой конкретной модели судна из приведенного выше перечня оставляют не более 5-6 независимых переменных $X_1, X_2, \dots, X_n$. По критерию, указанному в (1) развернутая форма может быть записана:

$$C=f(X_1, X_2, \dots, X_n) \rightarrow \min \quad (5)$$

В качестве ограничений должны быть установлены следующие требования:

1. Ограничения на переменные задачи и главные размерения

$$X_{i\max} \geq X_i \geq X_{i\min} \quad i=1,2,\dots,n \quad (6)$$

$$L_{\max} \geq L \geq L_{\min} \quad (7)$$

$$B_{\max} \geq B \geq B_{\min} \quad (8)$$

$$T_{\max} \geq T \geq T_{\min} \quad (9)$$

$$\delta_{\max} \geq \delta \geq \delta_{\min} \quad (10)$$

2. Обеспечение заданной вместимости

$$W(X_1, X_2, \dots, X_n) \geq W_0 \quad (11)$$

Где, W_0 – минимальная вместимость помещений судна

3. Условия обеспечения остойчивости

$$h_{\max} \geq h(X_1, X_2, \dots, X_n) \geq h_{\min} \quad (12)$$

где, $h_{\max}$ и $h_{\min}$ – определяют допустимый интервал начальной метацентрической высоты по нормативам относительной высоты h/B

4. Условия обеспечения непотопляемости

$$F(X_1, X_2, \dots, X_n) \geq F_{\min} \quad (13)$$

где, $F=H-T$ – надводный борт судна, а $F_{\min}$ – его минимальное значение, определяемое правилами классификационных обществ или по ГОСТ 19105-79.

Строительная стоимость может быть определена по формуле:

$$C=K_k+K_{об}+K_{эу}+K_m \quad (14)$$

Где K_k , $K_{об}$, $K_{эу}$ - стоимости укрупненных конструктивных групп «Корпус», «Оборудование», «Энергетическая установка». K_m – стоимость укрупненной группы «Монтажные работы по судну». В группе

«Оборудование» – учитывается также электрооборудование и отделка помещений.

Определяются стоимости составляющих уравнения. Выполнение условия (1) (14) приводит к зависимости

$$\begin{aligned} C &= q_k \delta LBT + q_{об}(k_{об}LBH)^{2/3} + q_{эу} N/D \delta LBT + \\ q_{км} q_k \delta LBT + q_{обм} q_{об}(k_{об}LBH)^{2/3} + q_{эум} q_{эу} N/D \delta LBT = \\ &= q_k(1+q_{км})\delta LBT + q_{об}(1+q_{обм})(k_{об}LBH)^{2/3} + \\ &+ q_{эу}(1+q_{эум}) N/D \delta LBT \rightarrow \min \quad (15) \end{aligned}$$

где q_k , $q_{об}$, $q_{эу}$, $q_{км}$, $q_{обм}$, $q_{эум}$ – соответствующие измерители для корпуса, оборудования, двигателей и их монтажа.

Это дает возможность на стадии определения интервала характеристик базового варианта обосновать главные размерения из условия минимизации строительной стоимости.

В подразделе 2.4. рассматривается способ определения масс различных статей нагрузки с учетом специфики, определяемой назначением судна. Представим нагрузку масс катера в виде:

$$D = \sum P_i = D_{пор} + DW \quad (17)$$

где, $D_{пор}$ – водоизмещение порожнем, DW – дедвейт
Составляющими водоизмещения порожнем для катеров данного назначения будет

$$D_{пор} = P_{кор} + P_{эу} + P_{эл.об} + \sum P_i \quad (18)$$

Где, $P_{кор}$ – масса корпуса, $P_{эу}$ – масса энергетической установки, $P_{эл.об}$ – масса электрооборудования, $\sum P_i$ – сумма масс всех остальных элементов.

Дедвейт может быть представлен:

$$DW = P_{пасс} + P_{топл} + P_{воды} + \sum P_j \quad (19)$$

где, $P_{пасс}$ – масса пассажиров, $P_{топл}$ – масса топлива, $P_{воды}$ – масса питьевой воды, $\sum P_j$ – масса остальных статей дедвейта.

Следовательно, можно представить полное водоизмещение, как

$$D = D_{пор} + P_{пасс} + P_{топл} + P_{воды} + \sum P_j \quad (20)$$

В ряде случаев можно считать, что:

$$P_{пасс} = k_1 D_{пор}; \quad (21) \quad P_{топл} = k_2 D_{пор}; \quad (22)$$

$$P_{воды} = k_3 D_{пор}; \quad (23)$$

Тогда:

$$\begin{aligned}
D &= D_{\text{пор}} + k_1 D_{\text{пор}} + k_2 D_{\text{пор}} + k_3 D_{\text{пор}} + \Sigma P_j = \\
&= D_{\text{пор}}(1 + k_1 + k_2 + k_3) + \Sigma P_j = \\
&= (P_{\text{кор}} + P_{\text{эу}} + P_{\text{эл.об}} + \Sigma P_i)(1 + k_1 + k_2 + k_3) + \Sigma P_j = \\
&= (P_{\text{кор}} + k_{\text{эу}} \text{ЭН} + (1 + k_{\text{эл.об}}) k_{\text{дг}} N_{\text{дг}} + \Sigma P_i)(1 + k_1 + k_2 + k_3) + \\
&\quad + \Sigma P_j \quad (24)
\end{aligned}$$

В укрупненных оценочных расчетах начального уровня величинами ΣP_i и ΣP_j для разъездных, прогулочных и спасательных судов можно пренебречь, в дальнейшем они учитываются по статистическим данным, в соответствии с которыми для разъездных, прогулочных и спасательных судов величины $\Sigma P_i + \Sigma P_j$ суммарно составляют не более 5-6% от полного водоизмещения.

Выше предложен метод определения основных характеристик судна: D , L , B , T , δ по критерию экономической эффективности при выполнении граничных условий. Используя коэффициент утилизации по дедвейту, выведенный на основании статистических данных по отношению к полученной длине L , можно определить DW и $D_{\text{пор}}$ для судов данного типа и назначения. Опираясь на статистические данные по энерговооруженности судов данного типа и назначения, можно из базы данных подобрать группу двигателей, пригодных для установки и выделить из $D_{\text{пор}}$ их максимальную массу. В соответствии со статистикой масса корпуса составляет основную часть в водоизмещении композитных и металлических разъездных, прогулочных и спасательных катеров и малых судов. Снижение массы корпуса способствует повышению весовой эффективности судна. В массе металлического корпуса масса верхней палубы, надстроек и выгородок может составлять до 35-41%. По расчетам снижение массы верхней палубы, надстроек и выгородок в два раза позволяет решить задачу по повышению весовой эффективности судна на 8 - 14%.

Полная вместимость судна может быть представлена, как сумма объемов расположенных ниже ΣW_n и выше ΣW_v действующей ватерлинии. Для условного случая, когда удельные массы конструкций судна, ограничивающих эти объемы равны, можно записать формулу равенства отношений масс верхней и нижней частей корпуса и их вместимостей. Из условия сохранения гидродинамических характеристик и неизменности обводов и, соответственно, объемов подводной части корпуса, следует вывод о том, что увеличение вместимости судна может быть достигнуто за счет увеличения

вместимости надводной части. При этом требуется уменьшение массы единицы площади поверхности конструкций, ограничивающих надводный объем судна обратно пропорционально увеличению этого объема. Массу корпуса и координаты его центра масс можно определить как:

$$P_{\text{кор}} = D - P_{\text{эу}} - P_{\text{эл.об}} - P_{\text{пасс}} - P_{\text{топл}} - P_{\text{воды}} - \sum P_i - \sum P_j \quad (33)$$

$$X_{\text{гкор}} = [DX_g - (P_{\text{эу}}X_{\text{эу}} - P_{\text{эл.об}}X_{\text{эл.об}} - P_{\text{пасс}}X_{\text{пасс}} - P_{\text{топл}}X_{\text{топл}} - P_{\text{воды}}X_{\text{воды}} - \sum P_iX_i - \sum P_jX_j)]/P_{\text{кор}} \quad (34)$$

$$Z_{\text{гкор}} = [DZ_g - (P_{\text{эу}}Z_{\text{эу}} - P_{\text{эл.об}}Z_{\text{эл.об}} - P_{\text{пасс}}Z_{\text{пасс}} - P_{\text{топл}}Z_{\text{топл}} - P_{\text{воды}}Z_{\text{воды}} - \sum P_iZ_i - \sum P_jZ_j)]/P_{\text{кор}} \quad (35)$$

Определение координат центров масс различных статей нагрузки производится с учетом специфики, определяемой назначением судна.

После определения масс и координат центров масс всех статей нагрузки можно переходить к анализу статьи "Корпус". Формула для расчета центра масс этой статьи:

$$X_{\text{гкор}} = \sum P_{i\text{кор}}X_{i\text{кор}}/P_{\text{кор}}; \quad (36) \quad Z_{\text{гкор}} = \sum P_{i\text{кор}}Z_{i\text{кор}}/P_{\text{кор}}; \quad (37)$$

Разделим поверхность корпуса и надстройки на два участка. Первым участком является подводная часть корпуса и часть надводного борта, на которую оказывает действие расчетное волнение. Вторым участком является вся остальная поверхность судна. На поверхность первого участка регулярно действуют различные внешние силы: гидростатическое давление, динамические силы поддержания, удары волн и т.д. Поверхность второго участка подвергается эпизодическим внешним воздействиям: давлению снежного покрова, эпизодическому перемещению людей по палубе и т. д. Рассмотрим элемент поперечного сечения корпуса и надстройки длиной ΔL . Выделим на поверхности первого участка элементарную дугу S_{ki} , на поверхности второго участка S_{hj} . Отнесем к площадке $S_{ki}\Delta L$ первого участка массу всех корпусных конструкций G_i , находящихся на этой площадке, включая поперечные и продольные переборки и выгородки, а к площадке $S_{hj}\Delta L$ второго участка массу всех корпусных конструкций G_j , находящихся на этой площадке.

Масса нижней части корпуса (11):

$$P_1 = \sum_{i=1}^n \sum_{\Delta L=0}^L G_i S_i \Delta L$$

Масса верхней части корпуса части корпуса (11):

$$P_2 = \sum_{j=1}^m \sum_{\Delta L=0}^L G_j S_j \Delta L$$

Моменты относительно плоскости мидель-шпангоута и ОП для каждого элементарного участка, соответственно, для первого (11)

$$M_{1x} = \sum_{i=1}^n \sum_{\Delta L=0}^L G_i S_i X_i \Delta L$$

$$M_{1z} = \sum_{i=1}^n \sum_{\Delta L=0}^L G_i S_i Z_i \Delta L$$

и второго участков(11)

$$M_{2x} = \sum_{j=1}^m \sum_{\Delta L=0}^L G_j S_j X_j \Delta L$$

$$M_{2z} = \sum_{j=1}^m \sum_{\Delta L=0}^L G_j S_j Z_j \Delta L$$

Масса корпуса (11):

$$P_k = \sum_{i=1}^n \sum_{\Delta L=0}^L G_i S_i \Delta L + \sum_{j=1}^m \sum_{\Delta L=0}^L G_j S_j \Delta L$$

Координаты центра масс (11):

$$X_g = \frac{\left(\sum_{i=1}^n \sum_{\Delta L=0}^L G_i S_i X_i \Delta L + \sum_{j=1}^m \sum_{\Delta L=0}^L G_j S_j X_j \Delta L \right)}{\left(\sum_{i=1}^n \sum_{\Delta L=0}^L G_i S_i \Delta L + \sum_{j=1}^m \sum_{\Delta L=0}^L G_j S_j \Delta L \right)}$$

$$Z_g = \frac{\left(\sum_{i=1}^n \sum_{\Delta L=0}^L G_i S_i Z_i \Delta L + \sum_{j=1}^m \sum_{\Delta L=0}^L G_j S_j Z_j \Delta L \right)}{\left(\sum_{i=1}^n \sum_{\Delta L=0}^L G_i S_i \Delta L + \sum_{j=1}^m \sum_{\Delta L=0}^L G_j S_j \Delta L \right)}$$

где, $G = \gamma_1 H [1 - k(1 - \rho)]$ - масса пакета оболочки единичной площади (11), γ_1 - плотность внешнего слоя, H - толщина пакета, $k = h/H$ где h - толщина среднего слоя, $\rho = \gamma_2 / \gamma_1$ - параметр плотности пакета, γ_2 - плотность среднего вспененного слоя.

Для обеспечения мореходных качеств при увеличении объема конструкций, расположенных выше ватерлинии, необходимо обеспечить положение центра тяжести судна возможно близко к условию сохранения малой метацентрической высоты. При определении суммарной массы верхней части корпуса необходимо и правомерно

учитывать не только массу собственно корпусных конструкций, но и массу изоляции и элементов отделки внутренних поверхностей интерьеров помещений, ограниченных верхней частью. Поэтому для верхней части корпуса целесообразно применять многофункциональные конструкции, являющиеся одновременно корпусными и образующими поверхности интерьера внутренних помещений, а также выполняющими изолирующие функции. Примером

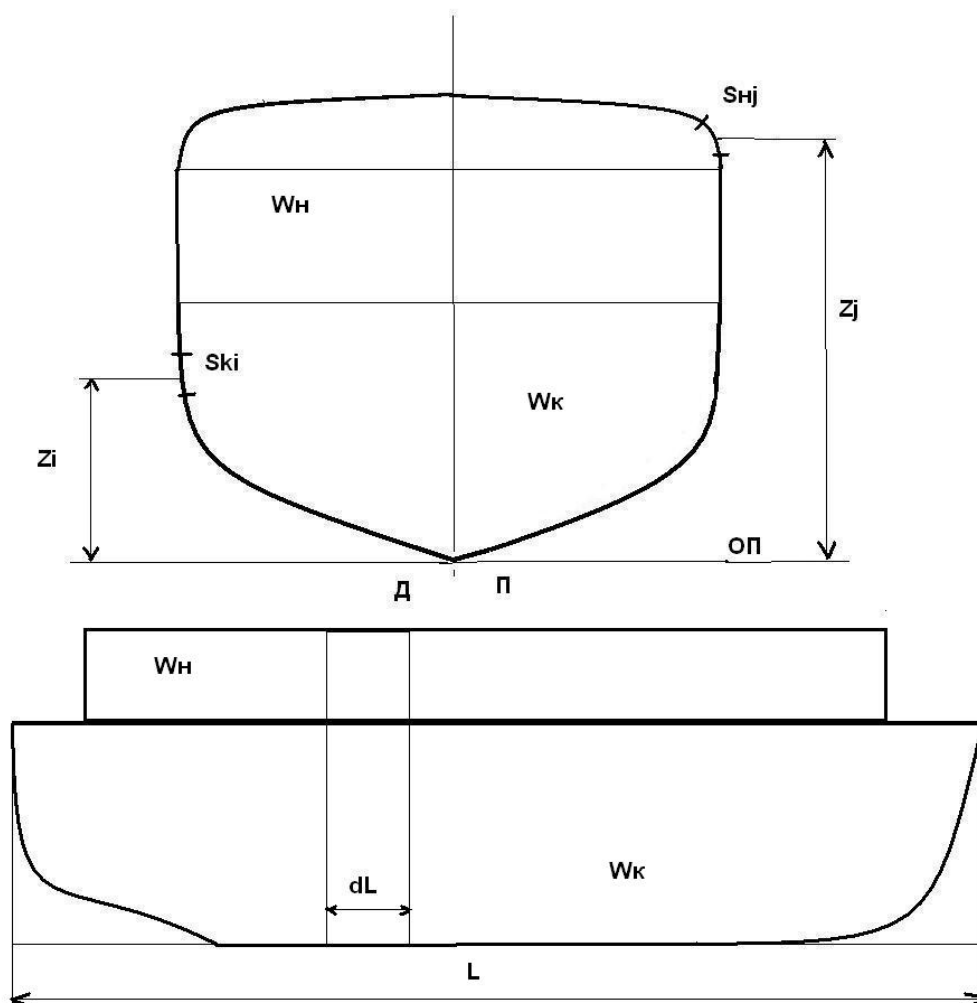


Рис. 6. Расчетная схема

таких конструкций являются многослойные оболочки из разнородных материалов. Под оболочкой понимается конструкция, прочность которой обеспечивается за счет формы поверхности. Проектирование оболочки методом оптимизации ее массы из условия восприятия заданной внешней нагрузки позволяет обеспечить значительный выигрыш в массе по сравнению с традиционной конструкцией.

В подразделе **2.5.** указывается, что для судов, движущихся в переходном режиме до «горба сопротивления», применяются круглоскулые обводы или обводы упрощенной формы, а для судов, движущихся в режиме с большой долей сил динамического поддержания после «горба сопротивления», применяются остроскулые обводы. Все перечисленные типы обводов имеют широкое распространение. Существует достаточно большое количество построенных катеров-прототипов. В первом приближении целесообразно выбрать прототип, имеющий коэффициент полноты водоизмещения δ_0 , и главные размерения L_0 , B_0 , T_0 , близкие к расчетным. Путем аффинных преобразований могут быть получены уточненные значения главных размерений, привязанные к обводам подводной части корпуса. При этом проектант располагает одновременно гидродинамической моделью, прошедшей эксплуатационную апробацию. Очень важным при этом является вопрос обеспечения остойчивости при применении данных обводов. Для этого необходима проверка условия обеспечения малой метацентрической высоты.

Перераспределение масс между верхней и нижней поверхностями корпуса позволяет решить три важных задачи проектирования:

- улучшить мореходные качества спроектированного судна за счет повышения его остойчивости;
- повысить обитаемость судна за счет увеличения объемов надводной части корпуса и его верхних строений с одновременным обеспечением остойчивости и мореходных качеств в необходимых пределах;
- повысить весовую эффективность судна, уменьшив массу корпуса и увеличив полезную нагрузку.

Повышение весовой эффективности малого разъездного, прогулочного или спасательного судна, особенно скоростного, является одной из важных задач его проектирования. Образовавшийся резерв водоизмещения может быть использован для увеличения пассажироместимости. Может быть установлено дополнительное оборудование, в т.ч. главные двигатели большей мощности, выполнена дополнительная термозвукоизоляция, увеличен запас топлива и питьевой воды и решен ряд других задач.

В разделе **3** рассматриваются изменения конструкции и качества судна, являющиеся следствием применения верхних строений в виде многослойной оболочки.

В подразделе **3.1.** проанализирована трансформация архитектурно - компоновочных решений малых судов на протяжении последней четверти двадцатого века. Сформулированы принципы повышения обитаемости, приведены примеры решения компоновочных задач.

В подразделе **3.2.** произведено определение области оптимального применения многослойных оболочковых конструкций для верхних строений. В качестве направлений определены повышение обитаемости судна при обеспечении мореходных качеств и улучшение мореходных качеств за счет повышения остойчивости, а также повышение весовой эффективности судна. Проанализирована аварийная статистика гибели судов, связанной с заливанием и потерей остойчивости. Предложен алгоритм расчета массы надстройки и положения ее центра масс по вертикали методом последовательных приближений. Проведен сравнительный анализ и расчеты массовых характеристик верхних строений традиционной конструкции и многослойных оболочек различной конструкции. В результате произведенного анализа и расчетов сделан вывод, что оптимально применение многослойных оболочек в качестве верхних строений судов длиной до 20 м.

В подразделе **3.3.** приведены критерии оценки изменения мореходных качеств судна. В качестве основных критериев принимаются изменения кренящего момента от действия ветра, нагрузки от обледенения, изменения минимального надводного борта, поперечной метацентрической высоты и параметров качки.

В разделе **4** рассматриваются вопросы практического создания металлополимерной конструкции.

В подразделе **4.1.** рассмотрены по применимости для многослойных оболочек металлические и полимерные композиционные материалы. Разработка композиционного материала включает три разных задачи. Это создание или синтез отдельных компонентов композита, разработка метода применения самого композита в виде законченной конструкции и разработка технологии изготовления изделия. Сумма затрат на решение этой триединой задачи определяет стоимость применения того или иного композиционного материала. Получение металлических композиционных материалов на основе алюминиевых сплавов в качестве полуфабрикатов возможно твердофазным и жидкофазным способами. При помощи твердофазного способа получения могут быть изготовлены композиты для корпусных конструкций: “сэндвичевые” конструкции и пакеты из монослоев. Для создания композитного материала, получаемого непосредственно на стапеле в процессе изготовления конструкции, можно применять листовые и профильные

алюминиевые полуфабрикаты. Проанализированы сэндвичевые и сотовые конструкции. Рассмотрены трехслойные панели с каркасированным средним слоем, разработанные ЦНИИ КМ "Прометей". Многослойные листы, состоящие из последовательно чередующихся слоев алюминиевых сплавов и полимеров, получили в отечественной практике название алор. Толщина таких пакетов может составлять от 1,3 до 2,3 мм в зависимости от количества слоев. Слоистые композиты позволяют увеличить применение высокопрочных материалов, обеспечивая повышение их надежности, и способствуют росту весовой эффективности изделий. Слоистые листы менее чем обычные чувствительны к концентраторам напряжений в виде отверстий. Испытания слоистых листов на малоцикловую усталость выявили повышение долговечности по отношению к обычному листу на 20-30% у клееных листов и, примерно, в два раза у полученных прокаткой. Имеется опыт изготовления из алора деталей крыла и фюзеляжа летательных аппаратов. Один из современных классов материалов составляют пенометаллы. Плотность пенометаллов мала и составляет 0,05...1,0 г/куб. см. Некоторые из них с закрытой пористостью способны плавать в воде. Уделено внимание влиянию клеевых соединений и марок применяемых клеев на характеристики конструкций. Рассмотрена физика явлений, происходящих на границе раздела. Определены проблемы путей стабилизации адгезионной прочности в условиях действия воды, нагрева, механических нагрузок и других факторов. Рассмотрены результаты исследований сравнительных качеств феноло-каучуковых и эпоксидных клеев холодного отверждения.

В подразделе **4.2.** рассмотрены массовые параметры многослойной оболочки. Предложена расчетная модель для определения массы единицы площади оболочки. Предложены формулы для расчета массы всей оболочки в целом, каждого из слоев в отдельности. Проанализирована зависимость массы конструкции от толщины слоев оболочки, размеров сечения связей каркаса среднего слоя, толщины и плотности заполнителя среднего слоя. Рассмотрен вопрос влияния на массу конструкции количества клеевых соединений и марок клеев.

В подразделе **4.3.** рассмотрены механические характеристики, а также способы расчетов прочности и устойчивости узлов и элементов конструкции. В качестве расчетных нагрузок, действующих на надстройку или рубку малого судна, принимаются нагрузки от общего изгиба корпуса судна и местные нагрузки. К ним следует добавлять динамически приложенные нормальные усилия от действия волн у малых водоизмещающих судов. У судов с динамическими принципами

поддержания такими нагрузками следует считать усилия, возникающие при зарывании судна во встречную волну, при нарушении режима движения. Рассмотрен вопрос нормирования нагрузок, действующих на надстройку. Предложен метод разбиения поверхности надстройки на элементы для выполнения расчетов прочности. Деление позволяет отнести каждый из элементов к одному из основных типов многослойных оболочек, по каждой из которых существует методика расчета:

- плоская трехслойная пластина, цилиндрическая трехслойная оболочка коническая трехслойная, оболочка нагруженные осевой нагрузкой;
- плоская трехслойная пластина, цилиндрическая, коническая, сферическая трехслойная оболочка, нагруженные распределенной нагрузкой, направленной нормально к поверхности;
- плоская трехслойная пластина, нагруженная распределенной нагрузкой или изгибающим моментом на ограниченной площади, направленными нормально к поверхности;
- плоская трехслойная пластина, цилиндрическая, коническая, сферическая трехслойная оболочка, нагруженные распределенной нагрузкой или изгибающим моментом на ограниченной площади, направленными нормально к поверхности;

Проанализированы результаты исследований зависимости механических характеристик конструкции от толщины внешней и внутренней оболочек и других параметров.

В подразделе 4.4. предложена конструкция надстройки в виде многослойной оболочки с внешними слоями из легких сплавов. Придание поверхности сложных форм требует изготовления специальной оснастки для прессования отдельных ее элементов, что повышает стоимость конструкции. Использование в конструкции оболочки поверхностей, разворачивающихся на плоскость, не требующих обработки давлением, позволяет применять минимум оснастки и приспособлений и добиваться хороших экономических показателей. Рассмотрен вопрос применения в конструкции трехслойных панелей, разработанных ЦНИИ КМ "Прометей". Рассмотрены вопросы конструктивного снижения монтажных напряжений, возникающих при послойном формировании изделия. Обоснован вывод о необходимости секционирования "сэндвича" клетчатым каркасом профиля из легкого сплава. Рассмотрены вопросы многофункционального использования внутреннего слоя, являющегося деталью интерьера судна.

В подразделе **4.5.** разработан и скомпонован комплекс технологических процессов, мероприятий по технике безопасности, пожарной безопасности и производственной санитарии достаточный для изготовления надстройки многослойной оболочковой конструкции на предприятии, обладающем необходимым набором оборудования и



Рис. 7. Катер пр. 82340 с надстройкой многослойной оболочковой конструкции. Внешний вид.

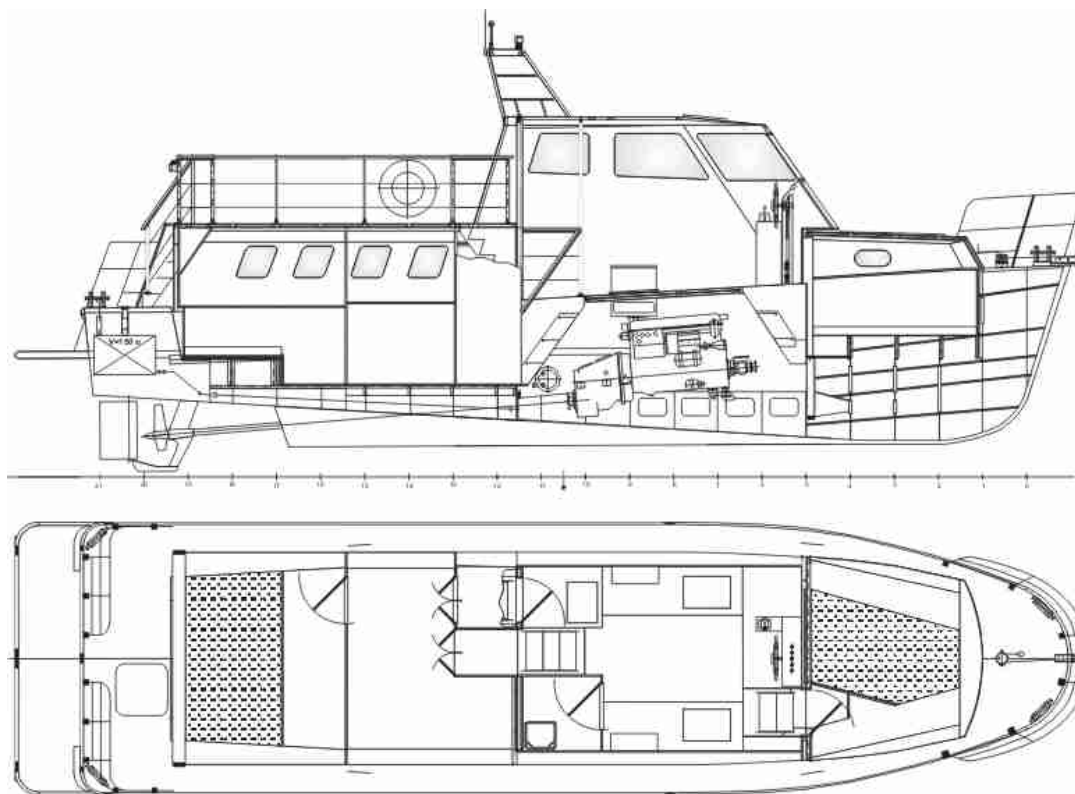


Рис. 8. Общее расположение катера пр. 82340

персоналом. Технологические процессы разработаны на основании отраслевых стандартов семейства ОСТ5.

Раздел 5 посвящен обобщению изложенных выше рекомендаций в качестве практической методики, опирающейся на положения и принципы, изложенные в данной работе, приспособленной к практике работы конструкторских организаций.

В подразделе **5.1.** приведен перечень основных элементов методики, опирающихся на положения и принципы, изложенные в данной работе. Приведен алгоритм проектного обоснования катера или малого судна разъездного, прогулочного или спасательного назначения, имеющего верхние строения многослойной оболочковой конструкции.

В подразделе **5.2.** выполнено технико-экономическое обоснование модернизации малого водоизмещающего катера. В качестве объекта модернизации выбран проект 371У полуоткрытой компоновки совмещающий стальной корпус, имеющий мореходные круглоскулые обводы, одновальную механическую установку, деревянную палубу и надстройку. Достоинства и недостатки этого проекта рассматривались в первом разделе работы. Обоснована целесообразность модернизации малого водоизмещающего катера проекта 371У по проекту 82340. При

модернизации проекта 371У по проекту 82340, изменяются следующие характеристики:

- архитектурно-конструктивный тип катера меняется от полуоткрытого к закрытому типу, что более рационально в условиях климата нашей страны;
 - появляется возможность перемещения внутри помещений от носа до кормы, не выходя при этом на открытую палубу, что повышает безопасность нахождения на катере;
 - улучшаются условия на рабочем месте судоводителя;
 - объем пассажирских помещений увеличивается примерно в два с половиной раза, повышается уровень комфорта, снижается уровень шума в помещениях;
 - появляется полноценная прогулочная палуба;
 - надстройка катера становится долговечной и не требует сложного ухода;
 - улучшается естественное освещение судовых помещений и обзор из окон;
 - расширяется поле применения судна;
-
- при модернизации значительно экономятся финансовые средства по сравнению постройкой нового судна при одновременном получении того же набора качеств;
 - повышается конкурентоспособность судна, растут ставки фрахта, снижаются затраты по страхованию;
 - повышается безопасность плавания.

В подразделе **5.3.** рассмотрен вопрос соотношения применения многослойных оболочек для судов различных типов длиной до 20 м с Правилами отечественных классификационных обществ. Сделан вывод о том, что Правила Российского Речного Регистра, в ряде случаев, прямо рекомендуют применение многослойных оболочковых конструкций для верхних строений.



Рис. 9. Перспективный тип скоростного катамарана с надстройкой многослойной оболочковой металлополимерной конструкции. Общий вид.

Российский Морской Регистр судоходства может дать согласие на применение конструкций судна иных, чем это предусмотрено Правилами, при условии, что они являются одинаково эффективными по отношению к определенным Правилами.

В подразделе **5.4.** указано, что использование предложенной методики позволяет создавать суда других типов, отличающиеся высокой весовой эффективностью, в частности скоростные пассажирские малоразмерные мелкосидящие катамараны. Предложенные конструкция и технология могут быть использованы для изготовления надстроек и рубок АСВП.

В **заключении** подведены итоги исследовательской работы и сформулированы следующие **выводы**:

- Методика проектирования катера или малого судна разъездного, прогулочного и спасательного назначения, имеющего верхние строения в виде многослойной оболочки, позволяет проектировать суда имеющие хорошую обитаемость и высокие мореходные качества.
- Предложенный способ позволяет повышать весовую эффективность малого судна и использовать резерв водоизмещения,

образовавшийся за счет снижения массы верхних строений, для повышения полезной нагрузки судна при обеспечении его мореходных качеств.

- Предложенный способ позволяет существенно улучшить обитаемость малого судна без изменения его подводной части с обеспечением мореходных качеств, что позволяет повысить потребительские качества судна.
- Способ определения ожидаемых изменений мореходных качеств судна, являющихся следствием применения оболочки для верхних строений, может быть использован как при новом проектировании, так и для модернизации существующих катеров и малых судов.
- Обобщение результатов теоретических и прикладных исследований, а также натурных экспериментов в области прочности многослойных оболочек и панелей в приложении к надстройке малого судна позволяют разработать работоспособные расчетные схемы для расчетов прочности надстроек и рубок малых судов.
- Разработанная конструкция надстройки в виде металлополимерной оболочки, а также технологические процессы ее изготовления позволяют создавать надстройки, рубки и другие верхние строения разъездных, прогулочных и спасательных катеров различных конфигураций и размеров.
- Проект опытного образца судна 82340 согласован Российским Речным Регистром без отступлений от Правил. Судно построено по проекту 82340 под техническим наблюдением Речного Регистра России. Этим учреждением выдан установленный пакет документов, подтверждающий годность судна к плаванию.
- Проектирование, постройка, испытания и сертификация опытного образца судна, имеющего надстройку многослойной металлополимерной оболочковой конструкции, позволяют использовать отработанные технические решения для разработки новых проектов судов, содержащих нестандартные архитектурно – компоновочные решения. На базе отработанных в проекте 82340 решений разработано техническое предложение (аванпроект) скоростного пассажирского малоразмерного мелкосидящего катамарана.
- Сравнение результатов расчетов, выполненных при проектировании и полученных на испытаниях опытного образца судна, с качествами прототипа дают возможность использовать разработанный проект 82340 для модернизации катеров проекта 371У. Проект 82340 приобретен Ярославским судостроительным заводом для

модернизации катеров проекта 371У. Закончены работы на первом судне установочной серии. Срок сдачи судна - декабрь 2005 года.

Публикации

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

- Францев М.Э., "Применение многослойных оболочковых конструкций на матрице из легких сплавов для надстроек, рубок и других надпалубных элементов малых судов" Журнал "Судостроение", № 1, 2005 г. с. 32-35
- Францев М.Э., "Улучшение эксплуатационных качеств малого судна за счет применения многослойных оболочек на матрице из легких сплавов". Журнал "Речной транспорт (XX век)", № 1, 2005 г. с. 32-35
- Францев М.Э., "Скоростной катамаран - перспективное судно для пассажирских перевозок в Москве". Журнал "Речной транспорт (XX век)", № 6, 2005 г. с. 56-59
- Францев М.Э., "Адмиральскому" катеру - вторую жизнь!" Журнал "Речной транспорт (XX век)", № 5, 2003 г. с. 32-35
- Францев М.Э. Опять клепка. Прошлые или будущее? Журнал Капитан-клуб, 2000, № 5, стр. 29.
- Францев М.Э., Царев Б.А., Юдкина Ю.В. Тенденции развития проектных исследований по скоростным судам. Материалы конференции «Моринтех»-2005». Сборник тезисов докладов. СПб, «Моринтех», 2005, стр. 17-19.