

УДК 629.12.001

М.Э. Францев

**ПРОЕКТНЫЕ ОБОСНОВАНИЯ СОЗДАНИЯ НАДСТРОЙКИ ИЗ КОМПОЗИТОВ  
ДЛЯ ПАССАЖИРСКОГО СУДНА НА ПОДВОДНЫХ КРЫЛЬЯХ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПОСОБА ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

ЗАО «Нептун-Судомонтаж», г. Долгопрудный Московской обл.

Проектирование надстройки из полимерных композиционных материалов для пассажирского судна на подводных крыльях (далее СПК) неразрывно связано с проектированием самого судна. Надстройка входит в подсистему «Корпус» в качестве подсистемы. Оптимизация конструкции надстройки СПК из композитов напрямую связана с оптимизацией всего судна. Критерием экономической эффективности СПК является условие минимизации расхода топлива на перемещение 1 т дедвейта (полезной нагрузки) на 1 км пути. Минимизация водоизмещения порожнем пассажирского СПК обеспечивается за счет о минимизации массы корпуса (в состав которого входит и надстройка) при прочих равных других статьях весовой нагрузки при необходимости обеспечения характеристик его прочности. Совокупность проектных обоснований при создании надстройки СПК из композитов использует методы параметрического проектирования на базе типового ряда, включающего проекты построенных СПК, использующих близкие гидродинамические модели. Все расчеты были выполнены методами регрессионного анализа. Статья содержит алгоритмы проектирования.

*Ключевые слова:* проектные обоснования, пассажирское судно на подводных крыльях, надстройка из композитов, параметрическое проектирование, регрессионный анализ, алгоритмы проектирования.

Статья подготовлена по результатам выполнения прикладных научных исследований, проводимых Московским государственным техническим университетом им. Н.Э. Баумана по государственному контракту 14.577.21.0103 от 16.09.2014 года 2014 г. с Минобрнауки России в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 - 2020 годы». Автор руководит указанной работой. В статье рассматриваются проектные обоснования создания надстройки из композитов для СПК на примере модернизации проекта 17091 «Полесье» (рис. 1).



**Рис. 1. Пассажирское СПК пр. 17091 «Полесье» (слева) и проект СПК «Валдай-45Р»**

Для расширения возможностей создания отечественных пассажирских СПК, имеющих надстройки, изготовленные из композитов, в настоящее время необходимо решить ряд проблем как в области совершенствования проектных характеристик судов этого типа и их оптимизации, так и улучшения структуры всего процесса проектирования. Необходима разработка способов проектного обоснования надстроек пассажирских СПК, учитывающих различные аспекты их последующей эксплуатации и обеспечивающих конкурентоспособность судов данного типа.

Критерии эффективности скоростного пассажирского судна связаны с эксплуатационной моделью его применения. Основой критерия выбора служат экономические показатели, определяющие доходную и расходную части эксплуатационных характеристик. Известно, что доход от эксплуатации скоростного судна в большой степени зависит от его вместимости, полезной нагрузки и мощности. Доход от эксплуатации судна может быть представлен как

$$D = f(W, DW) + \varphi(N). \quad (1)$$

Как правило, величина дохода в условиях рыночной конкуренции ограничена сверху, поэтому повышение эффективности эксплуатации скоростного судна, в первую очередь, связано со снижением расходов на его эксплуатацию. Экономические параметры, определяющие расходы на эксплуатацию, могут рассматриваться в виде общей суммы затрат на эксплуатацию и установленных законом отчислений, оплачиваемых судовладельцем:

- расходы на топливо;
- расходы на экипаж;
- налоги и сборы, зависящие от характеристик (вместимость, мощность, длина) судна;
- отчисления, зависящие от строительной стоимости судна.

Основные статьи расходов на эксплуатацию судна зависят от его главных размерений и мощности. Расходные составляющие эксплуатации судна могут быть представлены как:

$$P = \sum_{i=1}^m p_i f(\delta, L, B, T, H) + p_j N \rightarrow \min. \quad (2)$$

Строительная стоимость судна, также определяется его главными размерениями и мощностью:

$$C = \sum_{i=1}^n q_i f(\delta, L, B, T, H) + q_j N \rightarrow \min. \quad (3)$$

Критерии, определяющие эффективность скоростных судов, в которых используются их интегрированные расходные характеристики, включающие удельный расход топлива главных двигателей, их мощность, полную массу, скорость, а также характеристики их полезной нагрузки, приведены в работе [1]. Эти критерии могут быть в полной мере применены к пассажирским СПК. Условие оптимизации скоростного пассажирского судна сводится к минимизации его расходных характеристик при заданных ограничениях. Принципы повышения характеристик эффективности скоростного пассажирского судна за счет повышения его полезной нагрузки, реализуемые на этапе проектирования, в полной мере могут быть применены к пассажирскому СПК и изложены в работах [1, 2].

Для обеспечения необходимых характеристик экономичности пассажирское СПК должно иметь наибольшее соотношение между его полезной нагрузкой и полной массой:

$$\eta = \frac{DW}{D} \rightarrow \max. \quad (4)$$

Дедвейт пассажирского СПК может быть представлен как разность между полной массой судна и его водоизмещением порожнем (собственным весом судна):

$$\eta = \frac{D - D_{\text{пор}}}{D} \rightarrow \max, \quad (5)$$

$$\eta = 1 - \frac{D_{\text{пор}}}{D} \rightarrow \max, \quad (6)$$

$$\frac{D_{\text{пор}}}{D} \rightarrow \min. \quad (7)$$

На условие минимизации критерия в виде суммарного расхода топлива пассажирского СПК налагается ряд ограничений, связанных с условиями его эксплуатации и его эксплуатационными качествами [1].

Основными составляющими водоизмещения порожнем для пассажирского СПК будут:

$$D_{пор} = P_{корп} + P_{об} + P_{эу} + P_{КУ} + P_{ДРК} + P_{эл.об} + \sum_{j=1}^m P_j, \quad (8)$$

где  $P_{корп}$  - масса корпуса;  $P_{об}$  - масса;  $P_{эу}$  - масса энергетической установки;  $P_{КУ}$  - масса крыльевого устройства;  $P_{ДРК}$  - масса движительно-рулевого комплекса;  $P_{эл.об}$  - масса электрооборудования;  $\sum P_j$  - сумма масс всех остальных статей водоизмещения порожнем, как правило, не превышающая 3-5% от общей суммы.

Основными составляющими дедвейта для пассажирского СПК будет масса экипажа и пассажиров, а также запас топлива, который в большой степени, определяет потребительские качества судна такого типа. Тогда

$$DW = P_{пасс} + P_{топл} + \sum_{g=1}^k P_g, \quad (9)$$

где  $P_{пасс}$  - масса пассажиров и экипажа;  $P_{топл}$  - масса топлива;  $\sum P_g$  - масса остальных статей дедвейта, как правило, не превышающая 3-5% от общей суммы [3, 6].

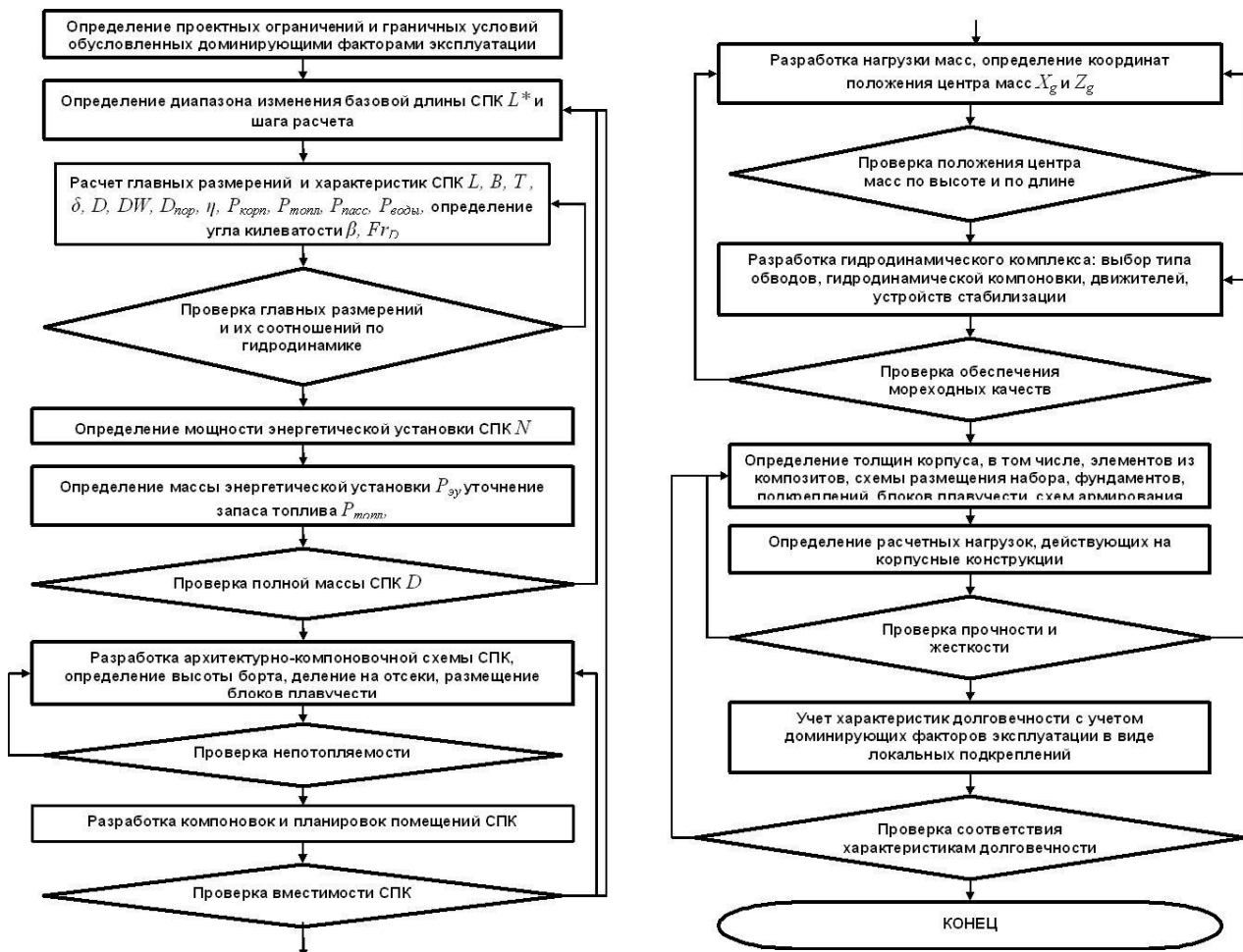


Рис. 2. Алгоритм рационального проектирования судна на подводных крыльях с надстройкой из композитов

Известно, что пассажирское СПК, как и любое другое судно, является системой, состоящей из подсистем. На первом уровне декомпозиции СПК рассматривается как совокупность подсистем, выделяемых по функциональному признаку, например «Корпус», «Гидродинамический комплекс» и др. Подсистема «Корпус СПК» является доминирующей по отношению ко

всем остальным подсистемам судна. Свойства подсистемы «Корпус СПК» определяются на этапе декомпозиции судна. При этом необходимо отметить, что поскольку подсистема «Корпус СПК» является, как было сказано ранее, в составе системы «Судно на подводных крыльях» доминирующей, ее свойствами в наибольшей степени определяются качества судна.

При этом надстройка из композитов входит в подсистему «Корпус СПК» в качестве подсистемы второго уровня и в этом качестве должна рассматриваться в процессе оптимизации. Поэтому для детализации свойств надстройки должна проводиться декомпозиция подсистемы «Корпус СПК» на отдельные подсистемы, одной из которых является подсистема «Надстройка». При этом на этапе декомпозиции определяются граничные условия подсистемы «Надстройка», а также связи, которыми эта подсистема взаимодействует с подсистемой «Корпус СПК». Таким образом, оптимизация конструкции надстройки из композитов напрямую связана с оптимизацией пассажирского СПК [2].

При анализе уравнений (5-9) при фиксированных размерах пассажирского СПК ( $L, B, H = \text{const}$ ) определяется условие минимального водоизмещения порожнем (собственного веса судна), которое обеспечивается за счет минимизации массы корпуса и надстройки пассажирского СПК при равенстве других статей нагрузки масс. На это условие налагается условие необходимости обеспечения характеристик прочности и долговечности корпуса и надстройки:

$$P_k \rightarrow \min. \quad (10)$$

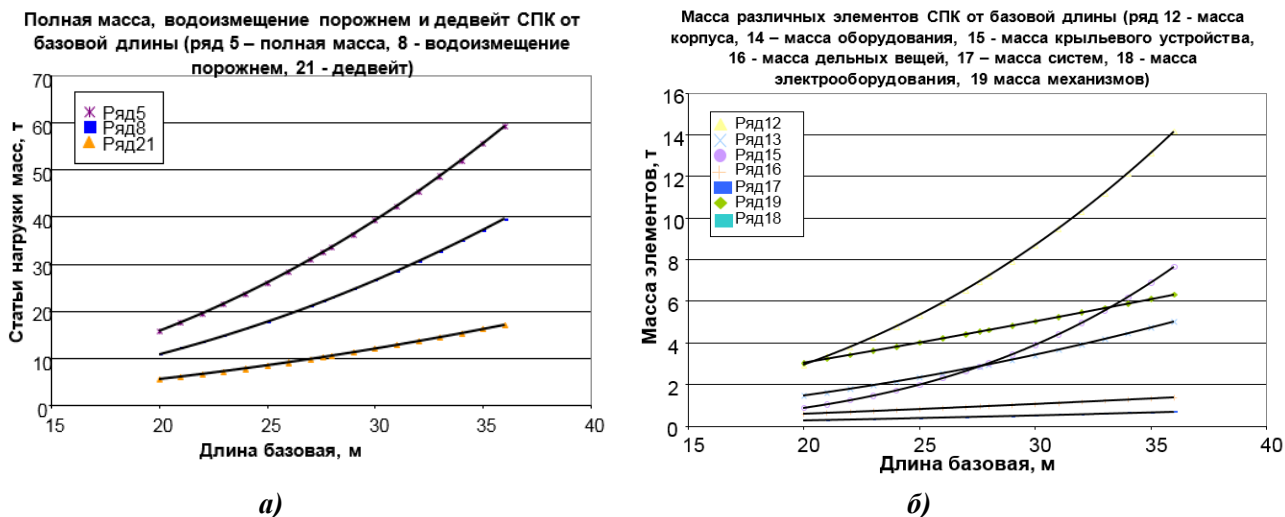


Рис. 3. Полная масса, водоизмещение порожнем, дедвейт и масса основных статей нагрузки раздела «Водоизмещение порожнем» для типоразмерного ряда СПК по интервалу базовой длины

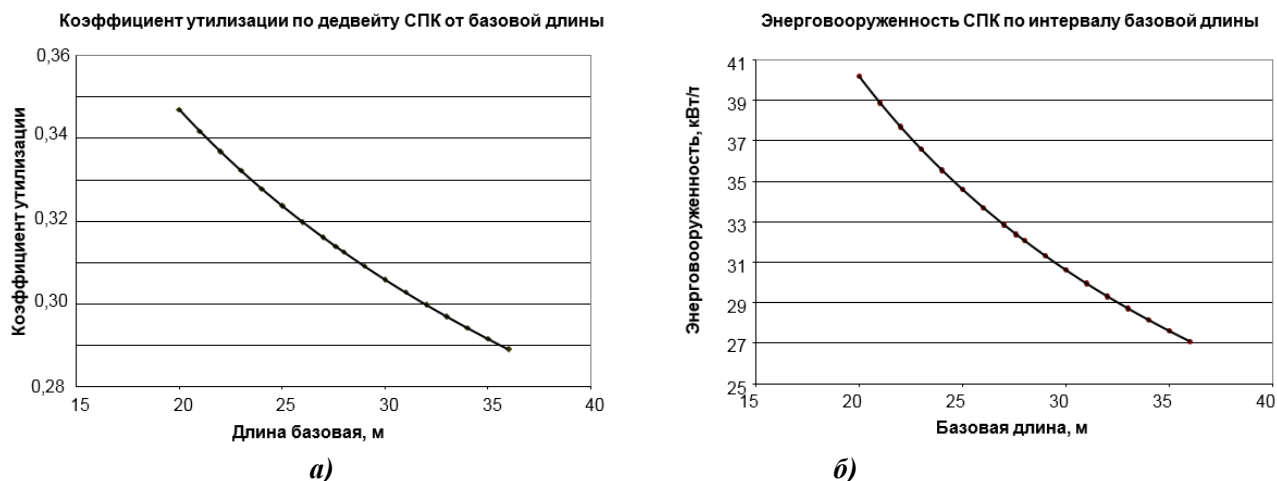


Рис. 4. Коэффициент утилизации по дедвейту (полезной нагрузке) (а) и энерговооруженность для типоразмерного ряда СПК по интервалу базовой длины (б)

Принципы повышения полезной нагрузки скоростного пассажирского судна за счет применения в его конструкции крупных элементов из композитов, реализуемые на этапе проектирования изложены в работе [2].

Определение основных проектных характеристик пассажирского СПК производится методом структурно-параметрического проектирования с использованием типоразмерных рядов. Принципы параметрического проектирования скоростных судов изложены в работе [5].

Проектирование надстройки из полимерных композитов для пассажирского СПК как элемента судна неразрывно связано с проектированием самого судна. При этом оптимизация пассажирского СПК производится по критериям экономической эффективности.

Физической моделью способа структурно-параметрического проектирования пассажирского СПК является подобие аэродинамических и гидродинамических процессов на расчетных режимах движения в рамках единой компоновки всего судна. Для СПК это, в первую очередь, подобие гидродинамических комплексов и схем аэродинамического обтекания надстроек. Подобие обусловлено относительно небольшим различием геометрических размеров наибольшего и наименьшего судов ряда [5]. Алгоритм рационального проектирования пассажирского СПК с надстройкой из композитов представлен на рис. 2.

Непосредственному структурно-параметрическому синтезу характеристик проектируемого судна предшествует разработка базы данных и построение типоразмерного ряда пассажирских СПК. В качестве информационной основы базы данных выбран «Справочник по серийным транспортным судам» [4], содержащий достаточно подробную информацию обо всех отечественных пассажирских СПК. При этом проектные характеристики построенных судов анализируются различными способами, в том числе, методами регрессионного анализа.

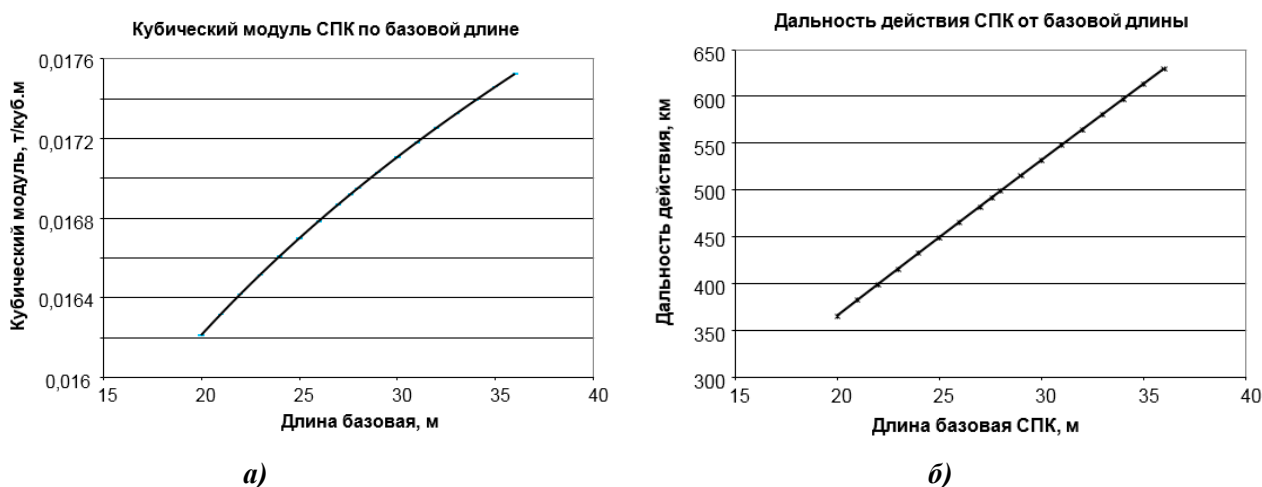


Рис. 5. Кубический модуль (а) и дальность действия судна (б) для типоразмерного ряда СПК по интервалу базовой длины

Параметрическим рядом СПК является упорядоченная совокупность числовых значений их проектных характеристик. В параметрическом ряду СПК, наряду с размерами судов, характеристиками их массы и мощности, важную роль играют отдельные элементы нагрузки масс, расходные характеристики судовой энергетической установки, особенности их крыльевых устройств, движительных комплексов и пр.

На этапе определения эксплуатационных качеств проектируемого пассажирского СПК, приводящего к принятию основных проектных решений по определению его главных размерений и других проектных характеристик, производится проектный анализ этих характеристик с использованием их типоразмерного ряда. Группировка пассажирских СПК в параметрическом ряду производилась по двум ключевым признакам, а именно: применению авиационной компоновки судна и применению малопогруженных подводных крыльев по

схеме «самолет». Рассматриваемые в качестве судов-претендентов пассажирские СПК имеют весьма специфическую архитектурно-компоновочную схему, объединяющую форму и конструкцию корпуса, в которой интегрированы конструкции надстройки, конструкции подводных крыльев, элементы движительно-рулевого комплекса и т.п. Таким образом, сформирован одномерный типоразмерный параметрический ряд пассажирских СПК, разработанных в различные годы ЦКБ по СПК им. Р.Е. Алексеева [3, 4].

С математической точки зрения определение главных размерений и проектных характеристик пассажирского СПК сводится к составлению и решению системы проектных уравнений, связывающих искомые величины с требованиями к проекту. Сбалансированность проектных характеристик для пассажирского СПК определяется системой проектных уравнений: плавучести, нагрузки масс и мощности – ходкости. При этом для каждого из проектных вариантов она представляется в виде:

$$\begin{aligned} D &= f_5(L^*) = \gamma \delta L B T = \gamma f_1(L^*) f_2(L^*) f_3(L^*) f_4(L^*), \\ D &= D_{\text{пор}} + DW = f_6(L^*) + f_7(L^*) = \\ &= \sum_{i=1}^k P_i + \sum_{j=1}^l P_j = \sum_{i=1}^k f_i(L^*) + \sum_{j=1}^l f_j(L^*), \\ N &= \frac{D^n V^m}{C_{mn}} = \frac{f_5(L^*)^n v^m}{\varphi(D, Fr_v)}, \end{aligned} \quad (11)$$

где  $f_1(L^*)$ ,  $f_2(L^*)$ ,  $f_3(L^*)$ ,  $f_4(L^*)$  - значения главных размерений соответственно;  $f_5(L^*)$  - значения полной массы;  $f_6(L^*)$  - значения водоизмещения порожнем;  $f_7(L^*)$  - значения дедвейта;  $f_i(L^*)$  - значения статей нагрузки масс по разделу «Водоизмещение порожнем»;  $f_j(L^*)$  - значения статей нагрузки масс по разделу «Дедвейт», представленных в виде функций на интервале базовой длины;  $\varphi(D, Fr_v)$  - значения коэффициента, связывающего величины полной массы, мощности и скорости для анализируемых значений полной массы и скоростного интервала.

При проектном обосновании пассажирского СПК выполняется определение главных размерений  $L$ ,  $B$ ,  $H$  (корпуса),  $T$  (без крыльев),  $\delta$ , а также других размеров судна: ширины корпуса  $B^*$ , соотношений  $L/B$ ,  $B/T$ ,  $H/T$ , характеристик полной массы  $D$  и таких ее составляющих, как водоизмещение порожнем  $D_{\text{пор}}$  и дедвейт  $DW$ ; значения массы топлива  $P_{\text{топл}}$ ; массы экипажа  $P_{\text{эк}}$ ; массы пассажиров  $P_{\text{пасс}}$ ; коэффициента утилизации по дедвейту  $\eta$ ; кубического модуля массы корпуса  $q_{\text{корп}}$  и энерговооруженности  $N/D$  по интервалу базовой длины  $L^*$  с использованием результатов расчета проектных характеристик судов типоразмерного ряда методами регрессионного анализа (рис. 3). При этом выполняется сопоставление и осуществляется выбор вариантов по экономическому критерию.

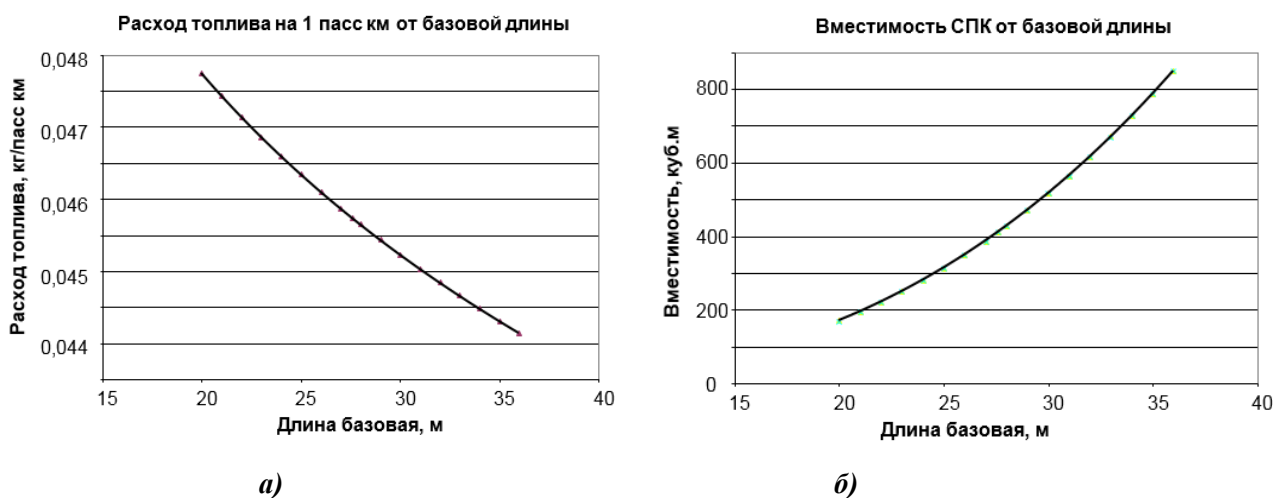
Использование параметрических методов существенно снижает трудоемкость обоснования выбора проектных характеристик пассажирского СПК и обеспечивает вариативность проектирования, что позволяет эффективно оптимизировать характеристики пассажирского СПК применительно к имеющимся экономическим ограничениям. Необходимо отметить, что использованный способ структурно-параметрического проектирования пассажирского СПК с надстройкой из композитов позволяет получить существенный выигрыш в затратах на поисковые исследования начального этапа проектирования. Результаты, полученные с помощью данного способа, достаточно эффективны и просты в дальнейшем применении [5].

Для обеспечения необходимой точности расчета величины отдельных статей нагрузки масс, включая водоизмещение порожнем и дедвейт пассажирских СПК, определяются двумя способами:

- расчетом методами регрессионного анализа величин отдельных статей нагрузки, а

также полной массы, водоизмещения порожнем и дедвейта по всему типоразмерному ряду;

- суммированием статей нагрузки, входящих в полную массу, водоизмещение порожнем и дедвейт по типоразмерному ряду.



**Рис. 6.** Изменение расхода топлива на 1 пассажиро-километр (а) и вместимости типоразмерного ряда СПК по интервалу базовой длины (б)

Величины, полученные обоими расчетными способами, на всем размерном интервале достаточно близки, и расхождение между ними не превышает 3 %.

Экономические характеристики пассажирского СПК непосредственным образом связаны с его скоростными качествами, а также характеристиками его энергетической установки – мощностью, удельным расходом топлива и рядом других. Поэтому одной из важнейших характеристик СПК является мощность главных двигателей его судовой энергетической установки и связанное с ней обоснование выбора главных двигателей.

Для определения мощности главных двигателей необходимо методами регрессионного анализа проанализировать энерговооруженность судов типоразмерного ряда по базовой длине (см. рис. 4). В дальнейшем перемножением полной массы  $D$  и энерговооруженности судна  $N/D$ , относящегося к одному и тому же значению базовой длины, может быть получено искомое значение мощности главных двигателей  $N$ , позволяющее определить массу СЭУ пассажирского СПК.

Основной статьей нагрузки в разделе «Водоизмещение порожнем» для любого судна, включая пассажирское СПК, является масса его корпуса. Для корректного определения массы этой статьи нагрузки необходимо использовать ее привязку к различным геометрическим характеристикам судна.

На рис. 5 приведено изменение кубического модуля СПК для судов типоразмерного ряда по интервалу базовой длины. Рост величины модуля обусловлен опережающим ростом нагрузок от общего изгиба при увеличении геометрических размеров корпуса пассажирского СПК. Правильное значение массы корпуса определяет получение сбалансированных значений подавляющего числа проектных эксплуатационных характеристик пассажирского СПК и позволяет выполнять качественный проектный анализ.

Для корректного решения уравнения мощности – ходкости необходимо применить синтетический метод. Этот метод заключается в совместном анализе характеристик энерговооруженности судна, его скоростных характеристик, определяемых особенностями гидродинамического комплекса, а также характеристик имеющихся на рынке двигателей [6]. При этом целесообразно придерживаться эксплуатационного скоростного диапазона судов, входящих в типоразмерный ряд, для обеспечения условий отсутствия развитой кавитации на подводных крыльях, их стойках и лопастях гребных винтов. После определения диапазона

скоростей проектируемого СПК в первом приближении и проверке его по критериям, приведенным в соответствующих методиках [3, 6], может быть определена дальность действия СПК методами регрессионного анализа. Изменение дальности действия СПК типоразмерного ряда при фиксированной скорости по интервалу базовой длины приведено на рис. 5.

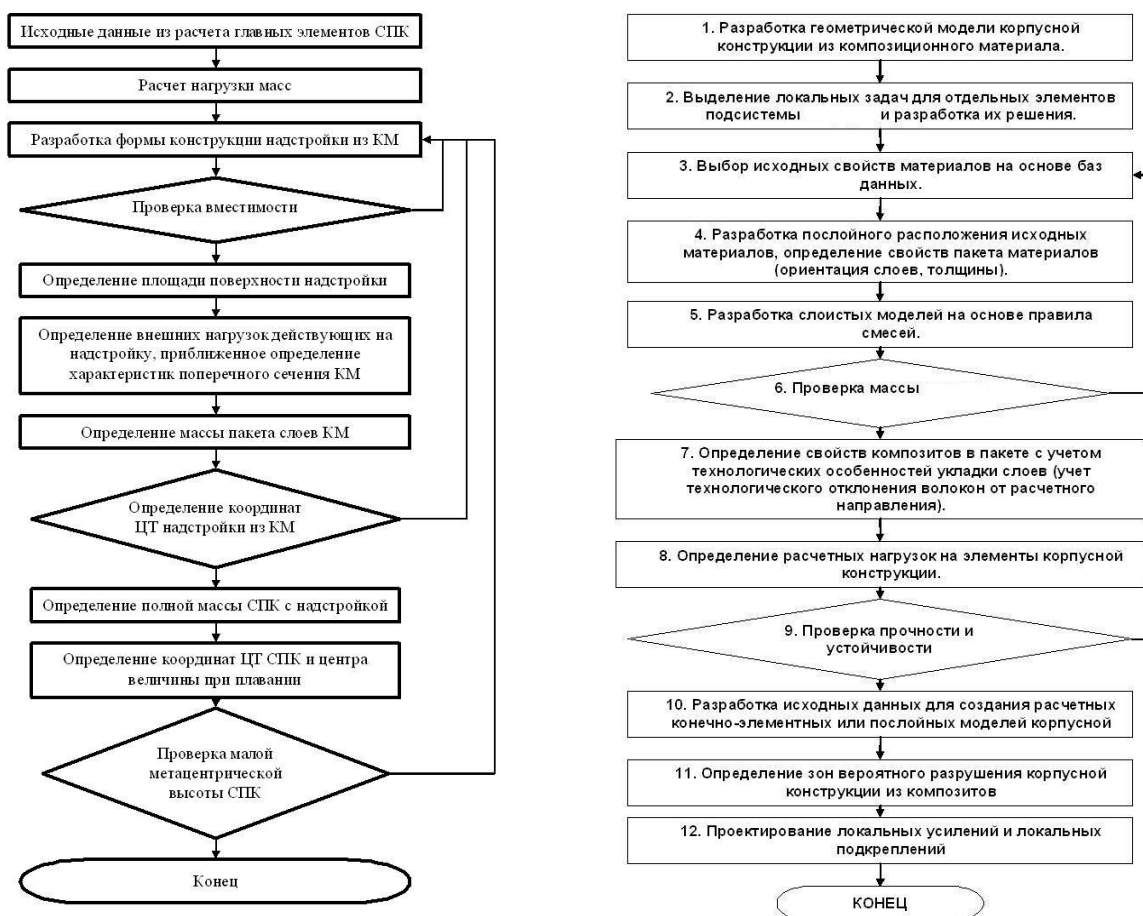


Рис. 7. Алгоритм декомпозиции подсистемы «Корпус СПК» (слева) и алгоритм проектирования подсистемы второго уровня «Надстройка СПК из композитов» (справа)

Использование в расчетах оптимизации проектных характеристик пассажирских СПК интегральных показателей, включающих различные эксплуатационные качества судна, в том числе, его расходные характеристики, а также вместимость (рис. 6), позволяет еще на стадии определения главных размерений и других базовых характеристик судна прогнозировать его предполагаемые экономические свойства.

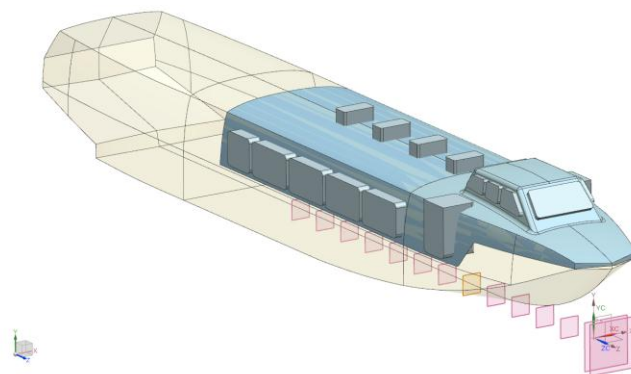


Рис. 8. Промежуточный результат декомпозиции теоретического контура надстройки После определения главных размерений и других проектных характеристик судна



следующим этапом является декомпозиция подсистемы «Корпус СПК» на подсистемы второго уровня «Собственно корпус СПК» и «Надстройка СПК из композитов». Алгоритм декомпозиции приведен на рис. 7 слева. Декомпозиция включает определение основных характеристик собственно корпуса и надстройки пассажирского СПК, включая их массу по отдельности, а также положения центра тяжести (ЦТ) судна и отдельных элементов его корпуса. Следует отметить, что к положению ЦТ судна в конструкции СПК предъявляются достаточно жесткие требования [3, 6]. Особенности декомпозиции подсистемы «Корпус» скоростного судна и выделения из нее подсистемы «Надстройка из композитов», реализуемые на этапе проектирования, которые в полной мере могут быть применены к пассажирскому СПК, изложены в работе [2]. Особенности определения строительной стоимости скоростного судна, имеющего в конструкции крупные элементы из композитов, реализуемые на этапе проектирования, которые в полной мере могут быть применены к пассажирскому СПК, изложены в работе [1].

Проектированию надстройки из композитов для пассажирского СПК должна предшествовать разработка чертежей общего расположения судна, в процессе которой производится уточнение размеров его корпуса. При этом корректируются проектные характеристики СПК с использованием данных типоразмерного ряда.

В результате выполненного проектного анализа с учетом ограничений определены проектные характеристики проектируемого пассажирского СПК, близкие СПК проектов 17091 «Полесье» и «Валдай-45Р» (рис. 1, справа). В связи с минимумом информации по СПК «Валдай-45Р» в качестве судна-прототипа выбрано пассажирское СПК проекта 17091 «Полесье».

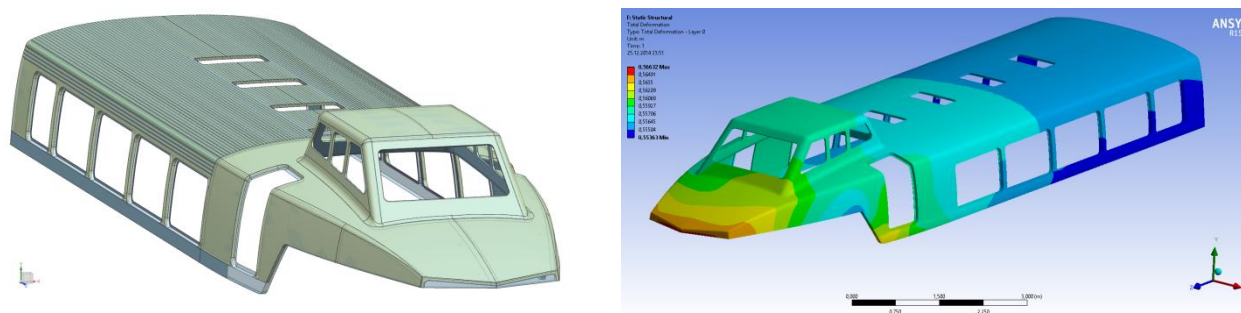


Рис. 9. Внешний вид и прогибы надстройки СПК из композитов

Следующим этапом является разработка теоретического чертежа корпуса и надстройки СПК. При этом назначение судна, его мореходные качества и район эксплуатации в большой степени определяют архитектурно – компоновочную схему судна и схему его крыльевого устройства, придавая больший или меньший динамизм его облику [3, 6]. При разработке формы надстройки из композитов пассажирского СПК необходимо рассматривать форму его надводной части вплоть до ватерлинии. Это требуется для определения аэро- и гидродинамического обтекания корпуса судна. Важно учитывать, что форма подводной части корпуса и прилегающей к ней части надводного борта пассажирского СПК определяется его функциональным назначением, особенностями движения, в первую очередь, особенностями крыльевого устройства, а также необходимостью обеспечения судну определенных мореходных качеств. Гидростатические и гидродинамические закономерности определяют форму указанных элементов корпуса в несопоставимо большей степени, чем эстетические соображения. Кроме того, необходимо определить участки корпуса СПК (включая элементы надстройки), которые в процессе эксплуатации могут подвергаться ударам волны, в том числе, при зарывании корпуса [3, 6, 7]. Промежуточный результат декомпозиции теоретического контура надстройки приведен на рис. 8.

Особенности процесса создания надстройки СПК из композитов заключаются в том, что конструкция, композит и технология его изготовления разрабатываются одновременно. При этом также используются вариативные методы. Необходимо выполнять проверку массы надстройки, а также прочности и устойчивости ее отдельных элементов приближенными методами для получения укрупненных проектных характеристик до разработки конечно-элементных моделей. Алгоритм выполнения проектных обоснований при проектировании подсистемы второго уровня «Надстройка СПК из композитов» приведен на рис. 7 справа.

Разработка компьютерной модели надстройки из полимерных композитов пассажирского СПК проводилась в два этапа. Геометрия разрабатывалась в среде разработки – трехмерном модуле Siemens NX Modelling (рис. 9, слева). Далее полученная компьютерная модель передавалась в программы конечно-элементного анализа в качестве исходной геометрии. Кроме того, на ее основе разработаны схемы: армирования надстройки; расположения каркаса среднего слоя; локальных подкреплений надстройки. Весь рабочий проект создавался в среде моделирования Ansys Workbench (рис. 9, справа).

Определение внешних нагрузок, действующих на корпус пассажирского СПК, выполнялось в соответствии с известными методиками [3, 6] для расчетных случаев, предусмотренных Разд. 5 Ч. I «Корпус» ПСВП Правил РРР. В рамках прочностного анализа конструкции был выполнен расчеты прочности и устойчивости методом конечных элементов. Результаты выполненных расчетов на прочность модели показывают, что конструкция надстройки из композитов пассажирского СПК удовлетворяет условиям прочности и жесткости.

Московским государственным техническим университетом им. Н.Э. Баумана получен патент на полезную модель № 148323 от 08.05.2014 года «Пассажирское судно на подводных крыльях, имеющее надстройку из композиционных материалов».

Выполненные расчеты показывают, что модернизация проекта судна на подводных крыльях 17091 «Полесье» надстройкой из полимерных композитов в соответствии с изложенными принципами, его пассажировместимость может быть увеличена с 51 чел. до 60 чел. При этом модернизированный проект превосходит по характеристикам экономичности на 33% проект СПК «Валдай-45Р», имеющий пассажировместимость 45 чел. (при той же мощности главного двигателя). Это преимущество обеспечено применением для надстройки пассажирского СПК инновационного решения – конструкции из полимерных композитов.

#### Библиографический список

1. **Францев, М.Э.** Проектное обоснование обеспечения характеристик экономичности и конкурентоспособности скоростного пассажирского судна // Сб. тр. конференции 9-е Прохоровские чтения. – Нижний Новгород. 2013. С. 94–98.
2. **Францев, М.Э.** Проектное обоснование повышения полезной нагрузки амфибийного судна на воздушной подушке за счет применения в его конструкции композиционных материалов // Труды Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева. 2015. № 1. С. 197–202.
3. **Иконников, В.В.** Особенности проектирования и конструкция судов на подводных крыльях / В.В. Иконников, А.И. Маскалик. – Л.: Судостроение, 1987. – 319 с.
4. Справочник по серийным транспортным судам. – М.: Транспорт, 1972–1994. Т1-10.
5. **Францев, М.Э.** Использование параметрических методов на ранних этапах разработки проекта судна из композитных материалов // Судостроение. 2014. № 3. С. 10–15.
6. Справочник по проектированию судов с динамическими принципами поддержания / Б.А. Колызаев [и др.]. – Л.: Судостроение, 1980. – 170 с.

**M. E. Frantsev**

**PROJECT JUSTIFICATION OF THE CREATION OF THE COMPOSITE  
SUPERSTRUCTURE FOR PASSENGER HYDROFOIL VESSELS USING  
THE PARAMETRIC DESIGN**

Neptun-Sudomontazh, Dolgoprudniy, Moscow rgn.

The design of the superstructure made of polymer composite materials for passenger hydrofoils, is a part of the design of vessel. The superstructure enters to subsystem "hull" as a subsystem. Design optimization of superstructure from composites is directly related to the optimization of the entire vessel. The criterion of economic efficiency of the hydrofoil craft is the condition to minimize fuel consumption on the movement of 1 dwt (payload) at 1 km. Minimization of empty displacement of the passenger hydrofoil craft is provided by ensuring minimization of the mass of the body (which includes and superstructure) ceteris paribus other articles weighing load characteristics of the need to ensure its durability. The set design studies to create of the superstructure from composites for passenger hydrofoil crafts using methods are based on parametric design model series, including projects built passenger hydrofoil crafts using similar hydrodynamic models. All calculations were made by method of regression analysis. This article contains algorithms design.

*Key words:* project rationale, passenger hydrofoil craft, superstructure from composites, regression analysis, parametric design, algorithms design.