

УДК 629.12.002.3:519.233
ББК 39.42-01:22.172

М. Э. Францев

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ МЕТОДОВ
НА РАННИХ ЭТАПАХ РАЗРАБОТКИ ПРОЕКТА СУДНА
ИЗ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

M. E. Frantsev

**THE USE OF THE PARAMETRIC METHODS
AT THE EARLY STAGES OF DEVELOPMENT
OF THE VESSEL PROJECT FROM COMPOSITES**

Отечественное судостроение в настоящее время нуждается в современном объективном способе проектирования судов из композитов. Использование параметрических методов для определения основных характеристик судна на ранних стадиях проектирования позволяет совершенствовать процесс проектирования. Предложен способ параметрического проектирования судов из композитов. Представлен алгоритм процесса проектирования.

Ключевые слова: параметрические методы, проектирование судов из композитов.

Domestic shipbuilding industry currently needs an objective method of modern ship design from composites. Use of the parametric methods to determine the main characteristics of the ship at the early stages of designing allows improving the designing process. The method of parametric designing of vessels from composites. An algorithm of the designing process is presented.

Key words: parametric methods, designing of vessels from composite materials.

Для современной техники характерно применение композитных материалов во множестве областей. Судостроение является областью, где композиты применяются достаточно давно. Применение композитов позволяет создавать суда с высокими аэро- и гидродинамическими характеристиками, высокой весовой эффективностью, с легкими надстройками, эффектным дизайном внешнего вида и рядом других достоинств. Оно позволяет значительно сократить сроки строительства судна по сравнению со сроками строительства судов из традиционных материалов. Это обуславливает серьезную экономическую мотивацию развития массового судостроения из композитов. Мировой судостроительный опыт свидетельствует о высокой экономической эффективности производств такого типа судов.

В настоящее время большую часть мирового малотоннажного промыслового, служебно-разъездного и прогулочного флота составляют суда, имеющие корпуса из композитов, однако в современной России они проектируются и строятся в весьма ограниченных количествах. Отечественный опыт проектирования судов из композитов ограничивается несколькими десятками проектов судов, как правило, военного назначения, за редкими исключениями – водоизмещающих, а также небольших катеров и мотолодок. В то же время в мире ежегодно создается множество проектов судов из композитов преимущественно гражданского назначения, в том числе, например, суда промыслового назначения, которые в России не проектируются вообще. При этом необходимость в судах такого типа существует и в России. Это приводит к переориентации ряда отечественных судовладельцев на продукцию зарубежного судостроения. В качестве примеров, подтверждающих этот тезис, можно привести многочисленные факты приобретения рыбаками Дальнего Востока промысловых судов из композитов, бывших в употреблении в Японии, где в эксплуатации находится более трехсот тысяч судов этого типа. Приобретают промысловые суда из композитных материалов из Норвегии и рыбаки Европейского Севера России, в первую очередь – ведущие промысел в бассейне Белого моря. В отечественном судостроении создается ничтожно мало проектов судов из композитов с использованием углепластиков и органопластиков, которые в настоящее время широко используются в мировой судостроительной практике.

Для расширения возможностей создания отечественных судов из композитов необходимо решить ряд проблем как в области совершенствования проектных характеристик судов и их оптимизации, так и в области улучшения структуры всего процесса проектирования. Необходима разработка способов проектного обоснования таких судов, учитывающих различные аспекты их последующей эксплуатации и обеспечивающих их конкурентоспособность.

Известно, что в области мирового малотоннажного судостроения, подобно автомобилестроению, сформировалась практика создания модельных рядов малых судов, которая позволяет производителям эффективно конкурировать между собой. Очень часто при разработке новой модели малого судна производители ориентируются на наличие или отсутствие в предполагаемом размерном интервале продукта конкурентов. Предполагаемые характеристики новой модели судна предлагаются в первую очередь маркетологами на основании анализа рынка, а в дальнейшем уточняются конструкторами в процессе проектирования. Существенным конкурентным преимуществом современного производителя является своевременное обновление им модельного ряда выпускаемых судов.

В этой связи представляется востребованной вариативная модель проектирования, опирающаяся на использование параметрических методов. Она позволяет проектанту, в рамках экономической целесообразности, быстро переходить от одного размера судна к другому, связывая конструктивные элементы судна и определяющие их параметры посредством проектных ограничений, определяемых условиями эксплуатации. Накладывая и удаляя такие ограничения, а также изменяя значения параметров, разработчик может изменять элементы проектируемого судна.

Современные стандарты проектирования предусматривают последовательное снижение затрат на такие наиболее дорогие и сложные разделы проекта, как разработка гидродинамического комплекса, а также прочностные расчеты, которые реализуются на базе единожды выполненных научных исследований и накопленного опыта эксплуатации. Этим же обусловлена все более широкая замена при разработке проекта натурного эксперимента численным расчетом. При создании современного проекта судна из композитов гражданского назначения большая часть затрат направляется на дизайнерскую проработку проекта в части экстерьера судна, эргономики его интерьеров, цветовых решений, применяемого оборудования и отделочных материалов. При этом судно должно обладать сбалансированной совокупностью эксплуатационных качеств, отвечающих ожиданиям потенциальных заказчиков. Именно поэтому в современных условиях быстрого технологического развития экономики весьма остро стоит вопрос об оптимизации конструкции малотоннажного судна, проектирование которого ограничено ресурсами, когда у разработчика нет возможности искать оптимальное решение методом проб и ошибок.

Способ позволяет формализовать процессы выбора оптимальной структуры характеристик проектируемого малотоннажного судна из композитов с помощью разработанной методической общности задач анализа информации о ранее построенных судах подобного типа и синтеза проектных обоснований. При этом проектировщик оперирует на единой основе множеством технических показателей характеристик судов (масса, размеры, мощность и их соотношения) и показателей качества функционального использования (эксплуатационные и экономические характеристики) с помощью специфических экономико-информационных и математических моделей различного типа и вида.

Основной принцип, реализуемый в способе структурно-параметрического проектирования малотоннажного судна, – выявление и оптимизация макропеременных, опирающаяся на анализ связанных с ними технико-экономических показателей, определяемых показателями функционального использования судна в эксплуатации в рассматриваемом размерном интервале. При этом используется двухуровневая иерархия упрощенной логико-математической модели, в которой верхний уровень модели связан с эксплуатационными качествами судна. Нижний уровень модели представляет собой систему основных проектировочных уравнений. В них, в качестве переменных, входит небольшое количество характеристик судна (параметров), к которым подстраиваются остальные [1, 2].

Физической моделью способа структурно-параметрического проектирования судов из композитов, в том числе скоростных, является подобие гидродинамических процессов на расчетных режимах движения в рамках единой компоновки всего судна. Подобие обусловлено относительно небольшим различием геометрических размеров наибольшего и наименьшего судов ряда (как правило, не более чем в 5 раз).

Непосредственному структурно-параметрическому синтезу характеристик проектируемого судна предшествует разработка базы данных моделей множества возможных технических решений. Проектные характеристики построенных судов при этом организуются в виде множества возможных решений, а затем упорядочиваются по степени их относительной предпочтительности. Задача проектирования судна имеет несколько критериев оптимизации, из которых на последующих этапах проектирования выбирается основной критерий, поэтому при формировании базы данных необходимо стремиться к максимально возможному учету всех технико-экономических показателей, а также показателей функционального использования (эксплуатационных качеств) [1, 2].

Параметрический ряд судов – это упорядоченная совокупность числовых значений их проектных характеристик. В параметрических рядах, наряду с размерами судов, характеристиками их массы и мощности, важную роль играют отдельные элементы нагрузки масс, расходные характеристики судовой энергетической установки, особенности их движительных комплексов и пр. В случае группировки судов в параметрическом ряду по одному или нескольким ключевым признакам, например таким, как особенности гидродинамического комплекса, а также другим конструктивно-технологическим решениям, можно говорить о типоразмерном параметрическом ряде.

При выборе параметров для параметрических рядов прежде всего решается вопрос о мерности рядов. Параметрический ряд, построенный для одного главного параметра, будет одномерным. Обоснованный выбор параметров для построения параметрического ряда имеет большое значение для создания оптимального набора сбалансированных характеристик как одного судна, так и группы судов нескольких размеров. Необходимо отметить, что построение параметрического ряда для одного главного параметра и его оптимизация не всегда позволяют создать судно с оптимальными параметрами. Более перспективным путем является построение многомерных параметрических рядов, охватывающих не только основные, но и вспомогательные параметры судна. В то же время создание многомерных параметрических рядов судов является чрезвычайно сложной задачей, и по существу создание оптимальных многомерных параметрических рядов судов находится на начальной стадии развития.

Проиллюстрируем изложенные выше соображения следующим примером. При разработке проекта скоростного глиссирующего судна из композитов основными неизвестными являются его главные размерения и другие характеристики:

$$\delta, \beta, L, B, T, H, D, N.$$

Для анализа изменения проектных характеристик на интересующем проектанта размерном интервале должна быть сформирована база данных. База данных содержит значения проектных характеристик построенных судов данного типа, имеющих аналогичные гидродинамические комплексы и близкие архитектурно-компоновочные решения. Значения характеристик в базе данных могут быть представлены, например, в виде:

$$\delta = \delta_1, \delta_2, \delta_3, \dots, \delta_n$$

$$\frac{L}{B} = \left(\frac{L}{B}\right)_1; \left(\frac{L}{B}\right)_2; \left(\frac{L}{B}\right)_3, \dots, \left(\frac{L}{B}\right)_n,$$

$$\frac{B}{T} = \left(\frac{B}{T}\right)_1; \left(\frac{B}{T}\right)_2; \left(\frac{B}{T}\right)_3, \dots, \left(\frac{B}{T}\right)_n,$$

$$\frac{H}{T} = \left(\frac{H}{T}\right)_1; \left(\frac{H}{T}\right)_2; \left(\frac{H}{T}\right)_3, \dots, \left(\frac{H}{T}\right)_n.$$

В результате анализа базы данных могут быть получены изменения проектных характеристик, которые могут быть представлены в виде функций независимой переменной – геометрического параметра – базовой длины судна L^* , в заданном интервале в виде:

$$L = f_1(L^*),$$

$$B = f_2(L^*),$$

$$T = f_3(L^*),$$

$$\Delta = f_4(L^*),$$

$$D = f_5(L^*).$$

В качестве единой независимой переменной принимается величина базовой длины L^* , которая представляет собой габаритную длину судна в походном положении по несъемным частям. Эта величина очень информативна, потому что на базовой длине расположено подавляющее большинство масс судна. Часто в открытых источниках величины главных элементов построенных судов приводятся не полно, а в ряде случаев с искажениями. В то же время значения базовой длины этих судов, как правило, приводятся достоверно. Кроме того, базовая длина судна может быть измерена. Можно представить отдельные статьи нагрузки масс также в виде функций той же независимой переменной L^* .

$$P_i = f_i(L^*),$$

$$P_j = f_j(L^*).$$

При этом в виде P_i обозначаются статьи нагрузки, входящие в водоизмещение порожнем судна, а в виде P_j обозначаются статьи нагрузки, входящие в дедвейт судна. В свою очередь, водоизмещение порожнем $D_{\text{пор}}$ и дедвейт судна DW также могут быть представлены в виде функций $f_6(L^*)$ и $f_7(L^*)$ независимой переменной L^* в пределах рассматриваемого интервала [3].

Сбалансированность проектных характеристик разрабатываемого судна определяется системой проектных уравнений: плавучести, нагрузки масс и мощности – ходкости, при этом для каждого из проектных вариантов она представляется в виде:

$$D = f_5(L^*) = \gamma \delta L B T = \gamma f_1(L^*) f_2(L^*) f_3(L^*) f_4(L^*),$$

$$D = D_{\text{пор}} + DW = f_6(L^*) + f_7(L^*) = \sum_{i=1}^k P_i + \sum_{j=1}^l P_j = \sum_{i=1}^k f_i(L^*) + \sum_{j=1}^l f_j(L^*),$$

$$N = \frac{D^n V^m}{C_{mn}} = \frac{f_5(L^*)^n v^m}{\varphi(D, Fr_v)},$$

где $f_1(L^*), f_2(L^*), f_3(L^*), f_4(L^*)$ – соответственно значения главных размерений; $f_5(L^*)$ – 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», а $\varphi(D, Fr_v)$ – значения коэффициента, связывающего величины полной массы, мощности и скорости для анализируемых значений полной массы и скоростного интервала, представленного в виде относительной скорости – числа Фруда по водоизмещению [3, 4].

При проектном обосновании судна из композитов выполняется определение главных размерений L, B, H, T, δ , а также других размеров судна типа $B_{\text{габ}}$, соотношений $L/B, B/T, H/T, B_{\text{габ}}/B$, характеристик полной массы D и таких ее составляющих, как водоизмещение порожнем $D_{\text{пор}}$ и дедвейт DW , а также значения грузоподъемности $P_{\text{гр}}$, массы топлива $P_{\text{топл}}$, массы экипажа $P_{\text{эк}}$, массы пассажиров $P_{\text{пасс}}$ и массы запаса питьевой воды $P_{\text{вода}}$, коэффициента утилизации по дедвейту η , модуля массы корпуса $q_{\text{корп}}$ и коэффициента пропорциональности для расчета массы энергетической установки $k_{\text{эу}}$ по интервалу базовой длины L^* с использованием результатов анализа баз данных [5]. При этом выполняется сопоставление и осуществляется выбор вариантов по экономическому критерию.

Ряды значений этих функций, построенные на множестве значений независимой переменной L^* в пределах рассматриваемого интервала, позволяют осуществлять переход от основных размеров и других характеристик одного варианта судна к основным размерам и другим характеристикам другого варианта судна, варьируя только один параметр L^* , как наиболее универсальный, при этом оставаясь в зоне предпочтительности. При помощи вариаций по базовой длине

можно получить семейство характеристик ряда судов из композитов, сбалансированных по соотношениям основных размеров, и других характеристик, например элементам нагрузки масс. При необходимости можно производить вариации по другим геометрическим параметрам судна, предварительно задав интервал изменения и построив на них в качестве независимой переменной аналогичное семейство функций (табл.). Определение главных размерений и других геометрических характеристик судна дополняется определением характеристик его ожидаемой скорости и мощности, полученных на базе анализа уравнений мощности – ходкости.

Представление параметрического ряда судов из композитов, с использованием результатов, полученных при обработке баз данных

Характеристика	L_1^*	L_2^*	...	L_n^*
L	$L = a_1 L_1^{*b1}$	$L = a_1 L_2^{*b1}$		$L = a_1 L_n^{*b1}$
B	$B = a_2 L_1^{*b2}$	$B = a_2 L_2^{*b2}$		$B = a_2 L_n^{*b2}$
T	$T = a_3 L_1^{*b3}$	$T = a_3 L_2^{*b3}$		$T = a_3 L_n^{*b3}$
H	$H = a_4 L_1^{*b4}$	$H = a_4 L_2^{*b4}$		$H = a_4 L_n^{*b4}$
δ	$\delta = a_5 L_1^{*b5}$	$\delta = a_5 L_2^{*b5}$		$\delta = a_5 L_n^{*b5}$
D	$D = a_6 L_1^{*b6}$	$D = a_6 L_2^{*b6}$		$D = a_6 L_n^{*b6}$
DW	$DW = a_7 L_1^{*b7}$	$DW = a_7 L_2^{*b7}$		$DW = a_7 L_n^{*b7}$
η	$\eta = a_8 L_1^{*b8}$	$\eta = a_8 L_2^{*b8}$		$\eta = a_8 L_n^{*b8}$
$D_{пор}$	$D_{пор} = a_9 L_1^{*b9}$	$D_{пор} = a_9 L_2^{*b9}$		$D_{пор} = a_9 L_n^{*b9}$
P_i	$P_i = a_{10} L_1^{*b10}$	$P_i = a_{10} L_2^{*b10}$		$P_i = a_{10} L_n^{*b10}$
P_j	$P_j = a_{11} L_1^{*b11}$	$P_j = a_{11} L_2^{*b11}$		$P_j = a_{11} L_n^{*b11}$
N	$N = a_{12} L_1^{*b12}$	$N = a_{12} L_2^{*b12}$		$N = a_{12} L_n^{*b12}$
...				
v	$V = a_n L_1^{*bn}$	$V = a_n L_2^{*bn}$		$V = a_n L_n^{*bn}$

Для скоростных судов типа глиссеров, например, оно может быть представлено в виде зависимости между величинами полной массы D , скорости v и мощности N :

$$C_{\text{скор}} = \frac{Dv}{N}, \tag{1}$$

где $C_{\text{скор}}$ – коэффициент.

В дополнение к зависимости (1) можно использовать еще одну. Скорость в эту формулу входит в первой степени, а величина смоченной поверхности корпуса, как и в формуле адмиралтейских коэффициентов, учитывается показателем $2/3$ величины полной массы. Мощность при этом может быть выражена как

$$C_f = \frac{vD^{2/3}}{N},$$

где C_f – коэффициент.

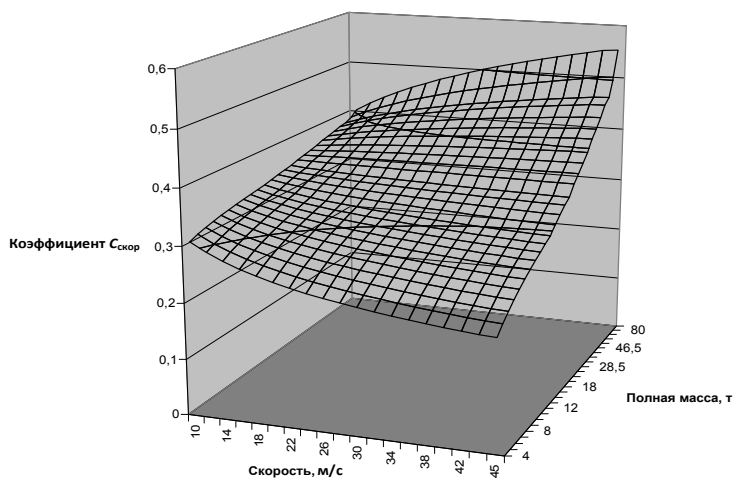


Рис. 1. Изменение коэффициента $C_{\text{скор}}$ в зависимости от полной массы и скорости для глиссеров

В качестве одного из способов определения этих коэффициентов может быть использована обработка баз данных существующих катеров и малых судов из композитов служебно-разъездного назначения, содержащих большое количество характеристик D , N , v , с использованием методов регрессионного анализа. Более подробно эти вопросы рассматриваются в [4, 6].

Полученное семейство графиков (рис. 1 и 2), в сочетании с описывающими их уравнениями, образует устойчивые взаимосвязи между такими характеристиками скоростных судов из композиционных материалов, как полная масса D , мощность главных двигателей N , а также их скоростными характеристиками: скоростью v и числом Фруда по водоизмещению Fr_v . Форма поверхностей, объединяющих эти графики, характеризуется достаточной гладкостью, что позволяет использовать полученные зависимости для анализа и практических расчетов.

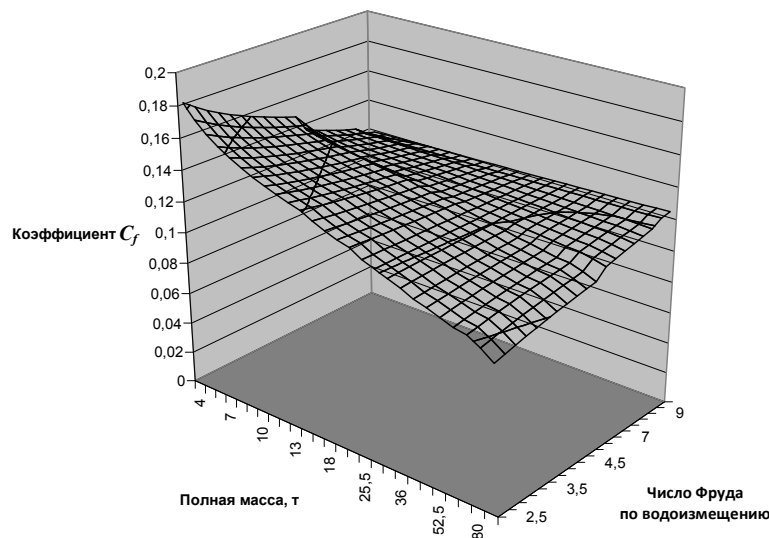


Рис. 2. Изменение коэффициента C_f в зависимости от полной массы и скорости для глиссеров

Определение проектных характеристик судов из композитов структурно-параметрическим способом целесообразно выполнять в табличной форме, задавая значения базовой длины выбранного интервала, определяемого эксплуатационными и экономическими ограничениями. Такая форма представления проектных характеристик позволяет учитывать существующие ограничения, предусмотренные нормативными документами, которые, как правило, также имеют привязку к различным размерам судна. Кроме того, табличная форма позволяет рассчитывать главные размеры и другие характеристики целого ряда судов из композитов материалов, в том числе и различного назначения в рамках единой проектной структуры, общей архитектурно-компоновочной схемы и подобной гидродинамической модели. Алгоритм проектирования судна из композитов с использованием структурно-параметрического способа приведен на рис. 3.

В целях подтверждения работоспособности способа выполнено определение ряда проектных характеристик, таких как главные размеры, их соотношения и коэффициенты полноты, а также составляющие полной массы судна.

При определении проектных характеристик использовались две независимые базы данных. В эти базы данных для анализа были включены скоростные однокорпусные суда из композитов, имеющие остроскулые обводы, близкие к обводам «глубокое V», общим числом около 800 различных проектов. Рассматривались две больших группы судов по назначению: промышленные в количестве около 130 проектов и служебно-разъездные – все остальные. Суда из композитов, являвшиеся объектом анализа, имеют полную массу от 2 до 160 т, длину от 9 до 42 м, установленную мощность главных двигателей от 200 до 8 000 кВт, скорость полного хода от 10 м/с (19 уз) до 21 м/с (40 уз).

Выполнено несколько вариантов группировки судов для анализа различных проектных характеристик. В качестве основного параметра при анализе геометрических и массовых характери-

стик принималась базовая длина. При анализе характеристик ходкости в качестве основных параметров принимались относительная скорость – число Фруда по водоизмещению и полная масса.

Определение таких проектных характеристик судов из композитов, как главные размерения и их соотношения, а также составляющие полной массы D , в том числе составляющие водоизмещения порожнем $D_{пор}$ и дедвейта DW , выполнено различными способами с использованием результатов анализа различных баз данных. При этом произведено вычисление погрешностей определяемых величин для одного и того же размера судна. Величина погрешности величин, вычисленных различными способами, составляет 3–5 % и уменьшается с увеличением длины судна. Проверка сбалансированности полученных значений выполнена по проектировочным уравнениям: плавучести, нагрузки масс и мощности – ходкости.

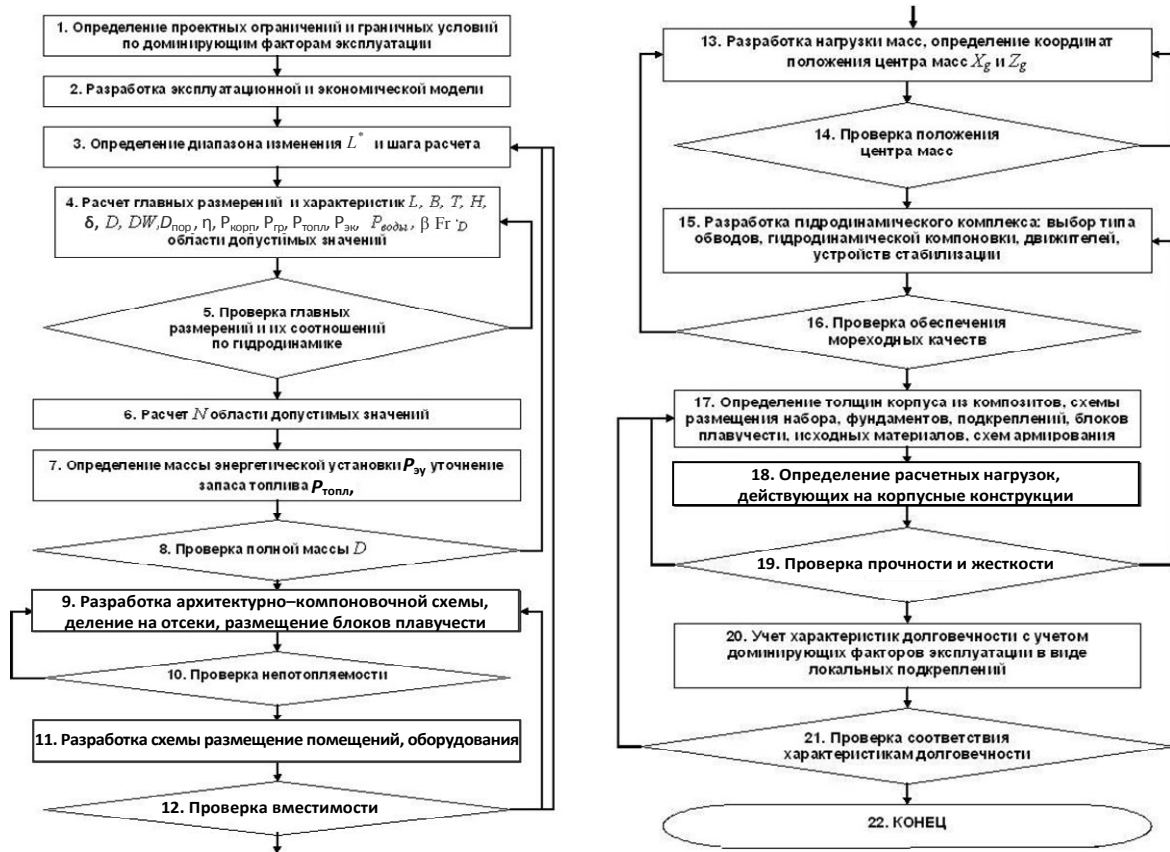


Рис. 3. Алгоритм проектирования судна из композитов с использованием структурно-параметрического способа

Графическое изображение изменения проектных характеристик, скоростных глиссирующих судов из композитов служебно-разъездного и прогулочного назначения для интервала базовой длины 10–16 м, полученные с использованием параметрических методов, приведены на рис. 4–5.

Для определения экономической эффективности полученных проектных обоснований судна они дополняются расчетами его экономических характеристик, в соответствии с выбранным экономическим критерием (например, величиной операционной прибыли от эксплуатации промыслового судна).

Изменение экономической характеристики рассматривается на размерном интервале выбранного параметра. На рис. 6 представлен расчет условной прибыли от промысла рыбы типа хамсы, тюльки и шпрота в Азово-Черноморском бассейне для судов длиной от 8 до 24 м [5]. После анализа экономического блока расчетов определяется экономически обоснованный размерный интервал основного параметра, в рамках которого ведется дальнейшее проектирование судна.

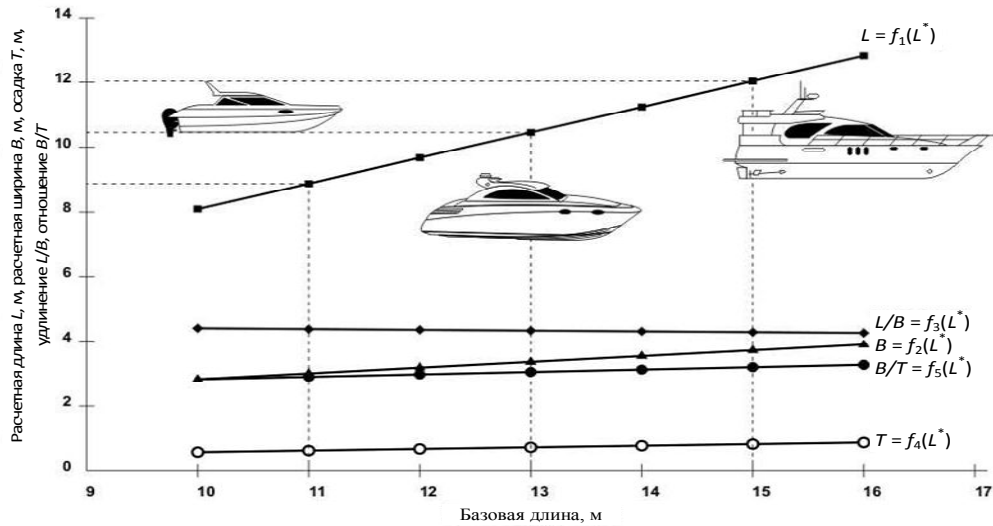


Рис. 4. Изменение главных размерений судов из композитов

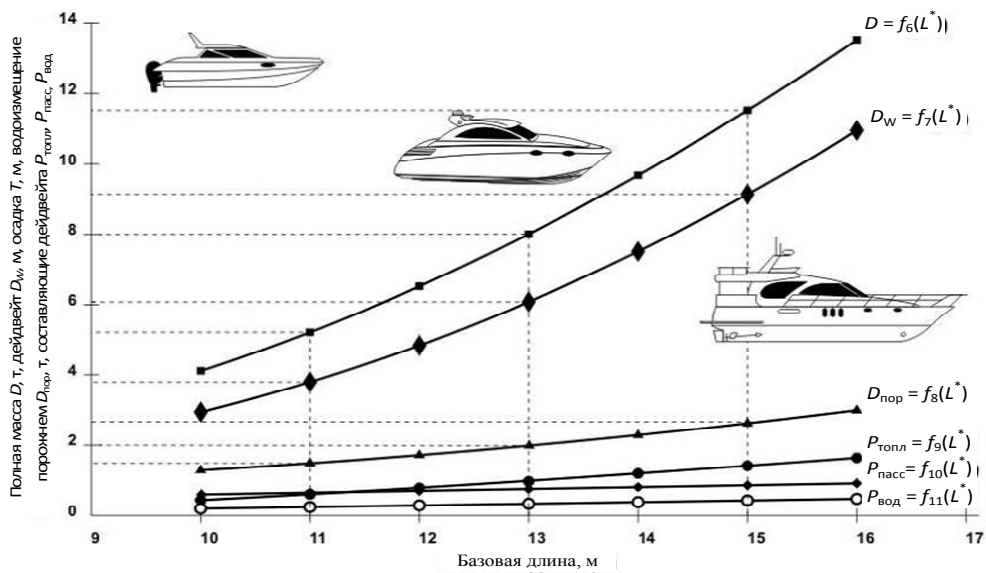


Рис. 5. Изменение характеристик нагрузки масс судов из композитов

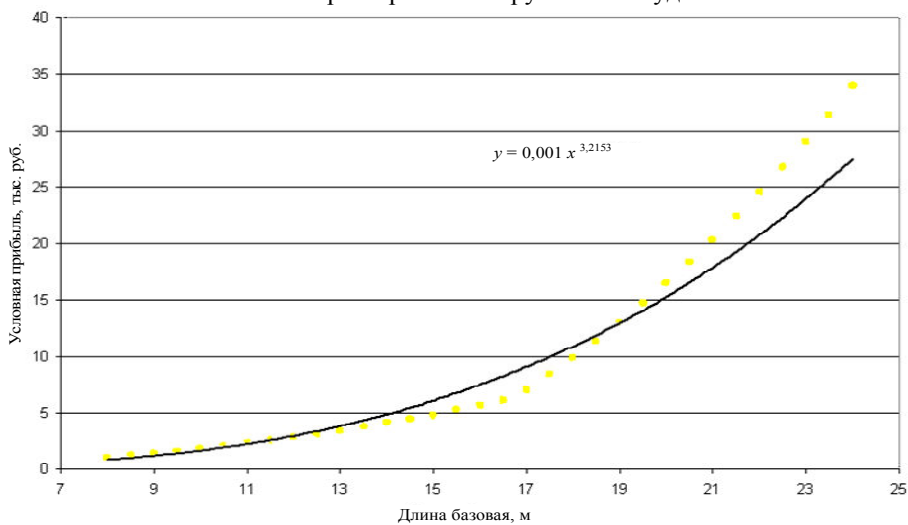


Рис. 6. Расчет условной прибыли от промысла рыбы типа хамсы, тюльки и шпрота в Азово-Черноморском бассейне для судов длиной от 8 до 24 м

На основании полученных результатов можно сделать вывод, что способ проектного обоснования главных элементов и их соотношений, а также других характеристик судов из композиционных материалов на основе параметрических методов работоспособен.

Приведенный пример доказывает принципиальную возможность использования параметрических методов проектирования для получения значений главных размерений, а также других характеристик, включая характеристики полной массы, мощности и скорости для глиссеров на ранних стадиях проекта как для одного судна из композитов, так и для группы судов, образующих типоразмерный ряд.

Использование параметрических методов существенно снижает трудоемкость обоснования выбора проектных характеристик и обеспечивает вариативность проектирования, что позволяет эффективно оптимизировать характеристики судна применительно к имеющимся экономическим ограничениям.

В заключение необходимо отметить, что предложенный способ структурно-параметрического проектирования малотоннажных судов, изготовленных из композитных материалов или имеющих в своей конструкции существенные элементы из композитов (например, верхние строения), 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. После определения основных проектных характеристик судна разработка отдельных разделов проекта ведется традиционными методами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пашин В. М. Оптимизация судов / В. М. Пашин. Л.: Судостроение, 1983. 286 с.
2. Царев Б. А. Оптимизационное проектирование скоростных судов / Б. А. Царев. Л.: ЛКИ, 1988. 102 с.
3. Францев М. Э. Способ проектного обоснования главных элементов и других характеристик судов из композиционных материалов при помощи анализа баз данных / М. Э. Францев. Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.: Морская техника и технология. 2011. № 3. С. 37–46.
4. Францев М. Э. Проектный анализ различных форм уравнения «мощности – ходкости» при разработке проекта скоростного судна из композитов / М. Э. Францев. Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. 2012. № 1. С. 220–223.
5. Францев М. Э. Проектные особенности зарубежных промысловых судов из композиционных материалов для прибрежного лова / М. Э. Францев. Судостроение. 2010. № 5 (792). С. 14–18.
6. Францев М. Э. Проектное обоснование оптимальных сочетаний характеристик массы, мощности и скорости для скоростных судов из композитов методами анализа баз данных / М. Э. Францев. Наука и техника транспорта. 2010. № 3. С. 53–59.

REFERENCES

1. Pashin V. M. *Optimizatsiia sudov* [Vessel optimization]. Leningrad, Sudostroenie, Publ., 1983. 286 p.
2. Frantsev M. E. *Proektnyi analiz razlichnykh form uravneniia «moshchnosti – khodkosti» pri razrabotke proekta skorostnogo sudna iz kompozitov* [Project analysis of different forms of equations "power-propulsion" at the development of the project of high-speed vessel from composites]. *Nauchnye problemy transporta Sibiri i Dal'nego Vostoka*, 2012, no. 1, pp. 220–223.
3. Frantsev M. E. *Proektnoe obosnovanie optimal'nykh sochetanii kharakteristik massy, moshchnosti i skorosti dlia skorostnykh sudov iz kompozitov metodami analiza baz dannykh* [Project substantiation of optimal combinations of parameters of mass, power and speed for high-speed vessels from composites using the methods of data base analysis]. *Nauka i tekhnika transporta*, 2010, no. 3, pp. 53–59.
4. Frantsev M. E. *Proektnye osobennosti zarubezhnykh promyslovykh sudov iz kompozitsionnykh materialov dlia pribreznogo lova* [Project characteristics of foreign trade ships from composite materials for coastal catching]. *Sudostroenie*, 2010, no. 5 (792), pp. 14–18.
5. Frantsev M. E. *Sposob proektnogo obosnovaniia glavnykh elementov i drugikh kharakteristik sudov iz kompozitsionnykh materialov pri pomoshchi analiza baz dannykh* [Methods of project substantiation of the main elements and other characteristics of vessels from composite materials using the data base analysis]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Morskaiia tekhnika i tekhnologiia*, 2011, no. 3, pp. 37–46.

6. Tsarev B. A. *Optimizatsionnoe proektirovanie skorostnykh sudov* [Optimization of high-speed vessel designing]. Leningrad, LKI, 1988. 102 p.

Статья поступила в редакцию 4.09.2013

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Францев Михаил Эрнстович – акционерное общество «Нептун-Судомонтаж», Московская обл., г. Долгопрудный, пос. Водники; канд. техн. наук; директор; gepard629@yandex.ru.

Frantsev Mikhail Ernstovich – Joint-Stock Company "Neptune-Shipbuilding", Moscow Region, Dolgoprudny City, Vodniki Village; Candidate of Technical Sciences; Director; gepard629@yandex.ru.