

УДК 629.12.001

Учет требований мореходности при проектировании спасательных судов

В. К. Ханухов¹

Санкт-Петербургский государственный морской технический университет

В статье рассмотрены вопросы мореходности спасательных судов. Показана взаимосвязь мореходности и архитектурной компоновки. Представлена концепция модульного проектирования.

Ключевые слова: проектирование судов, мореходность, архитектурная компоновка

Taking into account the seaworthiness of the design of rescue vessels.

Vitaly K. Khanukhov, Saint-Petersburg state marine technical university.

The article describes the issues of seaworthiness salvage vessels. It is shown interrelation seaworthiness and architectural arrangement. It is introduced the concept of modular design.

Keywords: ship design, seaworthiness, architectural arrangement

Введение

Под «мореходностью», в широком смысле этого понятия, кроме наиболее обсуждаемого обеспечения плавности поперечной и продольной качки, понимают минимальную потерю в скорости хода; незаливаемость, всхожесть на волну; сохранение необходимых характеристик остойчивости; обеспечение местной прочности носовых конструкций, непосредственно подвергающихся ударам волн; сохранение работоспособности энергетической установки, движителей и приборов.

Спасательное судно предназначено для оказания помощи судам, терпящим бедствие в море, для выполнения судоподъемных и подводных работ. Когда многие суда спешат укрыться в порту, спасатели выходят навстречу, так как их помощи ждут при любой погоде. Поэтому мореходность спасательного судна должна иметь наиболее высокий уровень.

В общем случае спасательные суда подразделяются на спасательные буксиры, противопожарные и водолазные суда, судоподъемные суда и на спасательные суда подводных лодок. Далее будет иметься в виду именно первая группа, к которой и предъявляются наиболее высокие требования по мореходности. Наиболее эффективным можно считать такое спасательное судно, которое заслуживает ранг «всепогодного».

Для обеспечения мореходности первоочередными мерами являются создание высокого и протяженного бака, достаточный надводный борт в остальной части, придание острых форм корпусу, рациональное размещение рулевой рубки и движителей, оснащение судна мощной энергетической установкой, часть которой в нештормовых условиях держится в резерве.

¹ *Виталий Константинович Ханухов, аспирант кафедры проектирования судов Санкт-Петербургского государственного морского технического университета, магистр техники и технологий, председатель молодежного научно-технического комитета НТО судостроителей имени академика А. Н. Крылова. vitos2988@mail.ru*



С позиции мореходности большое внимание необходимо уделить также управляемости и обитаемости. На взволнованном море и при высокой ветровой нагрузке удержание судна на благоприятном курсе имеет громадное значение.

Высокий же уровень обитаемости может компенсировать те угнетающие воздействия, которые оказывают на пассажиров инерционные перегрузки при качке, вызывающие морскую болезнь.

Особенности спасательных судов

Морские спасатели имеют важное значение в обеспечении деятельности морского флота. Они являются примером хорошо сбалансированной архитектуры. Эта группа судов в отношении технико-экономической эффективности характеризуется тем, что у спасателей не всегда можно говорить о прибыли в явном виде. На первом месте стоит спасение человеческой жизни, которая принципиально бесценна. Значительная часть флота спасателей и сами спасательные операции финансируются из государственных бюджетов.

Главными свойствами спасателей являются мореходность, скорость и функциональная оборудованность. Эти доминантные качества обычно хорошо отражаются во внешнем архитектурном облике судов-спасателей. Однако иногда некоторые элементы спасательного оборудования не совсем удачно вписываются в общий архитектурный стиль. Это относится, например, к размещению вертолетной площадки в носовой части. И это неудачно не только в визуальном отношении. При таком варианте трудно разместить ангары для вертолета. Сама посадка вертолётa в носу судна представляет опасность для надстроек спасательного судна, если оно сохраняет свое движение в момент посадки вертолета.

Спасательное судно должно обладать достаточно высокой скоростью хода, чтобы быстро дойти до района аварии, а затем подойти к аварийному судну и оказать ему помощь. Спасательные суда имеют при эксплуатации, как правило, три основные скорости:

- 1) крейсерскую, то есть наибольшую длительную скорость хода, используемую главным образом при следовании к месту происшедшей аварии;
- 2) экономическую скорость хода, применяемую при патрулировании вблизи обслуживаемых судов;
- 3) скорость хода с буксируемым аварийным судном при возвращении на базу.

Нередко в практике спасания судов, потерпевших бедствие, необходима подача на спасаемое судно буксирного троса (при стаскивании с мелей или скал), а также отбуксировка аварийного судна в ближайший порт. Тот факт, что спасатели часто стаскивают с мели или камней суда, потерпевшие аварию из-за ошибки в прокладке курса, еще раз подчеркивает значение управляемости в штормовом море. Для стаскивания судов с мелей на спасателе должно быть мощное буксирное устройство с автоматической лебедкой и амортизированными буксирными гаками. Этот процесс сопряжен с при-

ложением мощных тяговых усилий и применением рывков. Для спасательного судна необходимо также противопожарное оборудование, водолазное снаряжение, хорошее медицинское оборудование и помещения для людей, спасенных с погибающего судна. Ходкость и способность к буксировке, являясь важнейшими качествами спасательных судов, должны рассчитываться с максимальной тщательностью. Расчет ходкости спасательных судов производится по схемам, выделяющим остаточное сопротивление в явном виде. Кроме обычного хода на свободной воде надо отдельно рассмотреть возможность форсированного движения при максимальной мощности и движения при буксировке.

1

Проектный анализ вопросов мореходности

Хотя в числе системных моделей, отображающих судно, при полном анализе учитывают три разновидности моделей, для целей рационального исследования актуальны эксплуатационная и проектная модели.

1. Практическая эксплуатационная модель включает в себя конкретные функциональные подсистемы судна, в том числе – обслуживающих их людей (трактуемых в качестве «эргатических элементов»). Она учитывает также необходимые ресурсы (топливо, смазка, вода, электричество, сжатый воздух).

В эксплуатационной модели для спасательного судна при проектном анализе следует выделить 4 подсистемы – комплекса, располагая их по степени доминантности:

А. Комплекс функционального оборудования: спасательное и буксирное устройства, медицинский блок, помещения для размещения спасаемых; все элементы комплекса А должны быть приспособлены к качке и к работе в штормовых условиях.



Рис. 1. Вид носовой части судна в момент встречи с волной

Б. Комплекс управления, связи, электростанция и штурманское оборудование.

В. Энергетическая установка и запасы топлива. О необходимости резервов, связанных со штормовой обстановкой, уже упоминалось.

Г. Корпус с надстройками, устройствами и системами. Форма и прочность корпуса должны соответствовать требованиям штормовой мореходности.

2. Проектная концептуальная модель состоит из алгоритмических подсистем, позволяющих анализировать взаимосвязь мореходных и эксплуатационных свойств судна с конкретными техническими характеристиками. Это позволяет назначать их такими, чтобы обеспечить наиболее выгодные технико-экономические показатели при реализации проектного задания.



Для выявления степени доминантности может служить анализ структуры проектных балансов во второй модели. Проектный баланс – это такие уравнения, характеризующие какое-либо из свойств судна, в которых содержится алгебраическое суммирование тех или иных проектных величин (например, масс, объемов, моментов).

Алгоритмическая модель проектного анализа

Для данной модели целесообразно включать основные зависимости, описывающие главные качества судна в порядке рассмотрения соответствующих разделов проектирования. Поскольку спасательные суда по своей цели должны в короткий срок достигнуть района аварии, то на первые позиции целесообразно ставить проектные (виртуальные) подсистемы, характеризующие ходкость и мореходность.

1) Проектная подсистема дальности, ходкости и мощности

Ходкость – способность судна развивать заданную скорость при определённой мощности главного двигателя и соответствующем движителе:

уравнение дальности
$$r = \frac{P_T \times v}{k \times q_T \times [N]} \quad (1)$$

уравнение ходкости для энергетической подсистемы с располагаемой мощностью относительно скорости
$$v = \frac{[N] \times 102 \eta}{\sum R_j} \quad (2)$$

уравнение мощности для энергетической подсистемы
$$\frac{(\sum R_j) \times v_1}{102 \eta} \leq [N] \quad (3)$$

Здесь обозначено: N – мощность энергетической установки (кВт); v – скорость полного хода (узл.); R_j – сопротивление движению судна по j -составляющей; v_1 – скорость в м/с; η – КПД двигателя с поправками (пропульсивный коэффициент); P_T – масса топлива, тонны; k – поправочный коэффициент, учитывающий возможные задержки в рейсе и наличие вспомогательных двигателей; q_T – удельный расход топлива, т/кВт×ч; r – дальность, мили.

2) Проектная подсистема мореходности (в частном случае – подсистема обеспечения плавности качки) и обитаемости

Наиболее часто проверяемой частью мореходности является оценка плавности поперечной качки:

условие выхода из области резонанса
$$\tau_c > 1,25 \tau_g \quad (4)$$

развёрнутое соотношение
$$\frac{0,8B}{\sqrt{h_{мет}}} > 1,25 \times 0,8 \sqrt{\lambda_g} \quad (5)$$

Здесь τ_c – период собственных колебаний; τ_g – период волны; $h_{мет.}$ – метacentрическая высота; λ_g – длина волны; 1.25 – коэффициент запаса по отношению к резонансу.



Характеристика уровня обитаемости:

$$\Psi = \sum_{i=1}^n a_i \Psi_i, \quad (6)$$

где a_i – долевой коэффициент или коэффициент весомости i -элемента, причем

$$\sum_{i=1}^n a_i = 1, \quad (6a)$$

Ψ_i – частная функция, определяющая уровень составного раздела обитаемости.

К таким составным разделам относятся, например, качество воды и сохранение провизии; объём и площади, приходящиеся на одного человека; изолированность от источников вибрации и шума.

3) Проектная подсистема управляемости

В общем случае к управляемости относят поворотливость, возможность реверса, устойчивость на курсе. Обеспечение реверса зависит от характеристик главных двигателей или движителей (при применении винтов регулируемого шага). Поворотливость обычно обеспечивается на достаточном уровне правильным выбором площади рулей (пропорционально боковой площади подводной части – приближенно равно произведению длины на осадку $L \times T$). Поворотливость на малых ходах требует, как правило, применения подруливающих устройств (если высок коэффициент ветробойности K_e , характеризующий проявление дрейфа при ветре):

$$K_e = \frac{S_{\Pi}}{L \times T} \leq [K_e], \quad (7)$$

где K_e – коэффициент ветробойности; S_{Π} – площадь парусности (боковая надводная поверхность судна).

Для обеспечения устойчивости на курсе существенное значение имеет продольное положение центра парусности, который желательно смещать в корму от центра бокового сопротивления (то есть практически в корме от миделя). При таком взаиморасположении упомянутых центров создается приводящий момент, который возвращает судно на исходный курс при действии встречно-бокового ветра.

Архитектурная компоновка – основа проектной концепции мореходного судна

Чем сложнее тип судна, тем более ответственной является задача его компоновки. Если в отношении корпуса уже выработались достаточно устойчивые рекомендации, относящиеся к конкретным режимам быстроходности и к определённым силовым воздействиям на корпусные конструкции (например, со стороны льдов), то для помещений и функционального специализированного оборудования (связанного с выполнением основной функции), располагающегося выше верхней палубы, проектная компоновка зависит от особых задач данного судна.



Рис. 2. Схема архитектуры и парусности многоцелевого спасательного судна усиленного ледового класса, предназначенного для поисково-спасательных работ

Например, для судна, показанного на рис. 2, при оценке архитектуры необходимо обратить внимание на высокий бак, на крановое оборудование, развитое мачтовое устройство и вертолетную площадку. При анализе состава функционального оборудования судна бак, надстройка и отмеченные элементы оборудования можно разделить на функциональные модули (ФМ).

В самой структуре архитектурной компоновки для спасательного судна доминирует определённая целевая идея: уверенное преодоление штормового моря, рациональное размещение антенн, приборов и помещений, функционального оборудования, средств локации и связи.

Само решение архитектурно-компоновочных вопросов соответственно должно быть подчинено как идее архитектурной выразительности, так и задаче доминантного учёта тех функциональных позиций, которые содержатся в проектом задании.

Архитектура всякого спасательного судна определяется положением на палубах открытых площадок, предназначенных для размещения лебедок, дуг, кран-балок, грузовых кранов и рабочих мест членов экипажа, работающих со спасаемыми и забортной аппаратурой, а также размещением медицинских помещений и входов в них. Требования по обеспечению высоких мореходных качеств судна следует удовлетворять в первую очередь, при этом они не должны противоречить общим эксплуатационным требованиям.

В схеме компоновки надстроек следует предусматривать удобную и безопасную работу спасателей с забортной аппаратурой в свежую погоду. Наилучшее решение для универсальных спасательных судов – размещение открытых рабочих площадок в необходимых районах верхней палубы: вдоль борта в средней части судна и в корме.

Роль архитектурного проектирования

Архитектурное проектирование является одним из значимых способов повышения конкурентоспособности. Даже среднее по технико-экономическим показателям судно в умелых руках дизайнеров может пре-



вратиться в привлекательный для судовладельца и грузоперевозчика объект, будет чаще использоваться и приносить более высокую прибыль. Тем больше внимания необходимо уделять архитектурной проработке судна с прогрессивными проектными решениями, чтобы достижения проектантов получили хорошее внедрение.

На спасательных буксирах более значительное свободное пространство в носовой части перед надстройкой могло бы приводить к тому, что положение центра парусности надстроек смещается в корму от миделя. А вблизи миделя под водой находится центр бокового сопротивления, то есть центр равнодействующей приложения сил, препятствующих боковому дрейфу.

1



Рис. 3. Большой спасательный буксир



Рис. 4. Средний спасательный буксир

В результате равнодействующая возмущающих ветровых сил, будучи приложенной в центре парусности (визуальном центре площади надстроек), создает момент, приводящий к возврату на тот курс, от которого судно могло бы уклониться. Такая самостабилизация тем важнее, чем больше коэффициент ветробойности (отношение площади парусности к площади боко-



вого сопротивления). Рис. 3 и 4 показывают, что изложенная концепция используется не всегда, поскольку требуется длинный и низкий ют.

При рациональном архитектурном проектировании спасательных буксиров может быть применена следующая схема архитектурной компоновки:

1) Необходимо предусмотреть жилые каюты для экипажа, спасательной или аварийной партии, а также запасные помещения для людей, спасённых с аварийных судов.

2) Характерной особенностью судов спасательного класса является оборудование на них медицинских помещений.

3) Существенным для планировки судна является необходимость размещения трюма для хранения аварийно-спасательного имущества и снабжения.

4) При планировке рулевой рубки необходимо, чтобы вахтенный штурман имел максимально возможный круговой обзор.

5) Верхняя палуба спасательных буксиров, расположенная в корму от буксирного устройства, должна быть по возможности свободной, без уступов, не загроможденной какими-либо механизмами, оборудованием.

Функционально-модульный подход

При отсутствии прототипа по компоновке учёт влияния функционального оборудования на архитектуру затруднён. Это связано с тем, что состав и количественные параметры функционального оборудования задаются в сложной, дискретной форме. Эту форму надо раскрыть в виде конкретных габаритов, масс, положения по длине и высоте, допустимых зон для действия, требуемого для обслуживания персонала, необходимого электроэнергетического ресурса, сочетания с местами хранения боезапаса.

Возможным выходом из этого трудного положения, которое возникает при первоначальной проработке проектного задания, когда состав функционального оборудования не даёт конкретной информации о габаритах, является некоторая «унификация» различных версий принципиально важной части оборудования в виде «функциональных модулей».

Обобщением этой практики является формирование определённых комплектов оборудования в виде «виртуальных эквивалентных модулей» – проектных «функциональных модулей» с определёнными интервальными характеристиками эффективности, массы, габаритов, требуемого обслуживания по отношению к численности экипажа и мощности электростанции. Это равнозначно понятию обычных «модулей», которое является следующей ступенькой функциональной и структурной унификации для более крупных объектов.

Рассмотренные ФМ можно относить к категории типизационных модулей. Типизация в виде ФМ отражает виртуальную модульность – какой-то воображаемый уровень массы, который реализуется в зависимости от пожеланий заказчика. На судне виртуальная модульность выражена также шпангоутной шпацией (сам стальной шпангоут – это реальный объект и объективный модуль). Таким образом, реальная (объектовая) модульность – какой-то существующий объект или комплекс, с конкретными массой и габаритами.



В реальной практике при использовании модулей может возникнуть некоторая «невязка» масс, а из-за их размещения на различной высоте от основной плоскости судна – неблагоприятное повышение центра тяжести. Это компенсируется наличием запаса водоизмещения и остойчивости (той его частью, которая считается запасом на модернизацию).

Формирование ФМ и реальных конструктивно-функциональных, агрегатных и специализированных модулей не самоцель, а средство рациональной экономичной реализации архитектурно-компоновочного облика, средство рациональной организации самого процесса проектирования.

Заклучение

При рассмотрении проектных аспектов создания мореходных спасательных судов большое внимание архитектуре было уделено в рамках модульных подходов, рациональных для судов с многообразным оборудованием. Во многих случаях состав оборудования адаптируется для специализированных эксплуатационных задач, именно в этом случае модульные подходы могут оказаться эффективными.

Сама мореходность спасательных судов нуждается в дальнейших методических разработках, чтобы полнее и эффективнее обеспечить проведение спасательных операций при любых условиях погоды.

Литература

1. *Ашик В. В.* Проектирование судов. – Л.: Судостроение, 1985.
2. *Бородай И. К., Нецветов Ю. А.* Мореходность судов. – Л.: Судостроение, 1982.
3. Буксирные суда флота рыбной промышленности. Клайпедс. отд. КТИРХ, Клайпеда, 1985.
4. *Гурович А. Н., Родионов А. А.* Проектирование спасательных и пожарных судов. – Л.: Судостроение, 1971.
5. *Лвин Аунг Соз, Царев Б. А., Часовников Н. Ю.* Пути повышения мореходности рыболовных судов // Мореходство и морские науки-2011 / Под ред. В.Н. Храмушина. – Южно-Сахалинск: СахГУ, 2011. – С. 44–55.
6. *Липис В.Б., Ремез Н.В.* Безопасные режимы штормового плавания судов. – М.: Транспорт, 1982.
7. *Разуваев В.Н., Царев Б.А.* К понятию уровня мореходности для судов с динамическим поддержанием // Труды Николаевского кораблестроит. института. – Вып. 166. – 1980. – С. 29–33.
8. *Сидорченко В.Ф.* Суда-спасатели и их служба. Л.: Судостроение, 1983.
9. *Храмушин В.Н.* Поисквые исследования штормовой мореходности корабля. Lambert Academic Publishing, Germany, 2011. – 288 с.
10. *Царев Б.А.* Проектный анализ проблемы навигационной безопасности // Труды ЛКИ: Проектирование морских судов. – Л., 1988. – С. 36–41.