

Францев М. Э., к.т.н.
Тел: +7-903-717-31-25
gepard629@yandex.ru

Применение композиционных материалов в военном кораблестроении за рубежом

Часть 1. Великобритания

Список литературы

1. Францев М. Э. Исследовательское проектирование судна из композиционных материалов с применением элементов концептуального анализа, как способ перехода от внешней задачи проектирования судна к формированию его логико-математической модели и иерархии подсистем // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. — 2010. — №1. — С. 103–106.
2. Францев М. Э. Советские противоминные корабли из композиционных материалов // Compositebook. — 2019. — № 3. — С. 50–56.
3. www.shipspotting.com/gallery/photo.php?l
4. www.naval-technology.com/projects/huntclass/
5. Hull D., Clyne T.W. An introduction to composite material. — Cambridge University Press, 1996. — 327 p.
6. www.naval-technology.com/projects/sandown/

Введение

Ни в одной области знания невозможно рассчитывать на значительное продвижение вперед, если не существует сложившейся и постоянно развивающейся системы взглядов на ее перспективу. Это, в том числе относится к судостроению из композиционных материалов.

Сегодня судостроение из композитов стало обособленной, быстро развивающейся отраслью индустрии. Применение композиционных материалов позволяет значительно сократить сроки строительства судна по сравнению с деревянным и металлическим судостроением. Кроме того, оно допускает использование существенно менее квалифицированной рабочей силы, чем та, которая требуется для постройки деревянных и металлических судов. Все это обуславливает серьезную экономическую мотивацию развития композитного судостроения. Мировой судостроительный опыт свидетельствует о высокой экономической эффективности производств, на которых создаются судовые корпусные конструкции из композиционных материалов, и о высоких эксплуатационных качествах современных судов из композитов.

Первоначально конструкции стеклопластиковых судов, в том числе военных кораблей, воспроизводили конструкцию судов, изготовленных из традиционных судостроительных материалов: дерева и стали. По мере накопления опыта постройки конструкция стеклопластиковых судов приобретала специфические черты. Например, для снижения массы крупногабаритных элементов конструкций типа днища, борта, стенок или крыши надстройки, а также повышения их жесткости стали применяться трехслойные конструкции. Применение композитов, армированных высокомолекулярными и углеродными волокнами, в судостроении также расширяется. Поэтому проектирование кораблей и судов из композиционных материалов опирается на самые передовые конструктивные и технологические решения.

С информационной точки зрения проектирование — это процесс последовательного преобразования входной информации об объекте проектирования в виде его функционального представления в выходную информацию в виде проектно-конструкторской и технологической документации. В процессе составления и преобразования описаний объекта проектирования используются также знания о рассматриваемой области и информация об опыте проектирования объектов аналогичного назначения.

При создании перспективных типов судов, не имеющих близких прототипов в практике отечественного судостроения, возникает необходимость в связующем звене между внешней и внутренней задачами проектирования. Таким звеном является исследовательское проектирование. В процессе планирования нового для него типа судна проектант использует приемы исследовательского проектирования. Это позволяет преодолеть разрыв между имеющимся у разработчика опытом проектирования и технической эксплуатации других судов, а также

экономически и технологически обоснованными требованиями, предъявляемыми к новому проекту.

Целью исследовательского проектирования применительно к процессу проектирования судна из композиционных материалов является решение следующих задач:

- обоснование направления развития типов судов на перспективу с учетом достижений научно-технического прогресса;
- разработка заданий на проектирование судов, увязанных с внешней задачей проектирования;
- выявление областей, в которых должны разрабатываться общие требования к проектированию судов рассматриваемых типов и обоснование этих требований;
- обоснование направлений развития комплектования судов [1].

В настоящее время теория проектирования интенсивно развивается, что связано с высокими темпами научно-технического прогресса. Создаются новые исходные материалы для композитов, появляются разнообразные виды судовых комплектующих, которые позволяют существенно расширить эксплуатационные возможности судов. Широкое использование методов математического моделирования обусловило внедрение в исследовательское проектирование всего разнообразия аппарата математического анализа. При этом цена ошибок, допущенных на ранних стадиях принятия решений, многократно увеличивается по мере совершенствования и удорожания судов. Что, в первую очередь, относится к военным кораблям.

В современном судостроении из композитов усиливается взаимная зависимость между проектными, техническими и технологическими решениями. При составлении проектного замысла создания судна необходимо ответить на целый ряд вопросов. Поэтому проблема сбора и обработки исходной информации занимает важное место в анализе. Эта информация может быть представлена как множеством научных фактов, количественных и качественных данных, знаний о наблюдаемых процессах и явлениях, так и результатами их обработки: анализом, обобщением и выявленными закономерностями, прогнозируемыми тенденциями развития. Иными словами, результаты обработки исходной информации также представляют собой информацию, но более высокого качества.

Как было сказано выше, способом перехода от внешней задачи к внутренней задаче проектирования судна из композиционных материалов, не имеющего в практике отечественного судостроения близких прототипов, является стадия его исследовательского проектирования. При этом оно опирается на использование комплексов данных о предполагаемых районах эксплуатации, статистических характеристиках судов — прототипов, осуществляющих реализацию аналогичных задач, а также на результаты выводов промежуточного анализа, которые надлежащим образом собраны, упорядочены и прошли процедуру верификации [1].

Композитное судостроение в нашей стране — Союзе Советских Социалистических Республик до 1991

года находилось по мировым меркам на лидирующих позициях. Приоритет постройки первого отечественного серийного стеклопластикового противоминного корабля относится к 1966 году. В последующие десятилетия военные противоминные корабли из композиционных материалов по различным проектам строились крупными сериями, в том числе на экспорт [2]. По известным причинам в развитии отечественного композитного кораблестроения наступил более чем десятилетний перерыв.

В результате накопившихся проблем в отечественном судостроении возникла ситуация, когда между отработанными техническими решениями, применяемыми в отечественных проектных организациях при разработке проектов судов, и достижениями отечественной и зарубежной науки образовался разрыв, приводящий к возрастающему отставанию отечественного судостроения от мирового уровня.

Несмотря на это, отечественное судостроение по-прежнему располагает огромным потенциалом в области науки и технологий. Тому подтверждение — серийное строительство композитных тральщиков проекта 12700 «Александрит» на Средне-Невском судостроительном заводе, а также постройка этим же предприятием головного тральщика из композитов по проекту 10750Э на экспорт. Однако для развития проектирования современных кораблей из композиционных материалов требуются все новые знания о передовых образцах этой морской техники, созданных в различных странах мира.

В данном и последующих выпусках журнала «Композитный мир» будет опубликован обзор применения композиционных материалов в военном кораблестроении за рубежом. Обзор охватывает более чем сорокалетний период с момента создания первого противоминного корабля из композиционных материалов Wilton в Великобритании до ввода в строй последнего серийного новейшего корвета класса Visby в Швеции в сентябре 2015 года. Данный обзор является начальной стадией масштабного исследования, позволяющего понять и оценить дальнейшие перспективы применения композиционных материалов в военном кораблестроении. Обзор составлен по материалам отечественных и зарубежных электронных ресурсов.

В обзоре сделан упор на информацию о внешнем виде, архитектурно-компоновочных особенностях и тактико-технических данных рассматриваемых кораблей, а также примененных композиционных материалах. При этом данные об их вооружении приводятся в минимальном объеме.

Великобритания

В январе 1972 года на английской судостроительной верфи Vosper Thornycroft спущен на воду тральщик Wilton, корпус которого был выполнен из стеклопластика. Тральщик Wilton (M1116) был прототипом прибрежного тральщика/охотника за минами для Королевского флота.



Рисунок 1. Тральщик из композиционных материалов Wilton [3]

По своим размерам и конструкции этот корабль был почти полностью идентичен тральщикам типа Top, строящимся в Великобритании с 1958 года и имеющим деревянные или алюминиевые корпуса. Все основное оборудование, размещённое на тральщике Wilton, включая и энергетическую установку, было снято с деревянного тральщика Derriton. Это позволило сэкономить время при создании корабля, а кроме того, дало возможность более точно определить его преимущества перед тральщиками типа Top за счет применения в качестве материала корпуса стеклопластика вместо дерева (рисунок 1).

Основные проектные тактико-технические данные тральщика Wilton:

- полное водоизмещение — 450 т;
- длина наибольшая — 46 м;
- ширина — 8,5 м;
- высота борта — 4,5 м;
- мощность судовой энергетической установки (СЭУ) — 3000 л. с.;
- наибольшая скорость хода — 16 узлов.

Тральщик Wilton имел поперечную систему набора с минимальным количеством продольных связей. Предполагалось на основании проведённых расчётов, что такая конструкция корпуса должна обеспечить корпусу корабля достаточную прочность при подводных взрывах даже на небольших расстояниях от него.

Наружная обшивка корпуса тральщика выполнена из стеклопластика средней толщиной около 32 мм. Шпангоуты изготовлены путём нанесения слоев стекловолокна на бруски полиуретанового пенопласта. В целях повышения прочности корпуса при взрывах кроме приформовки шпангоутов к обшивке они еще дополнительно прикреплены бронзовыми болтами. Аналогично произведено крепление к обшивке перекорков, палубы и других элементов набора. Кроме того, использованы усиленные кницы.

Обоснованием для использования полиэфирного стеклопластика в качестве материала корпуса тральщика Wilton стало то, что, например, стеклопластик является более огнестойким материалом, чем алюминиевые сплавы (что спустя десять лет подтвердилось при гибели английского эсминца Sheffield в Фолклендском конфликте).

Проектантами также утверждалось, что усталостная прочность стеклопластика составляет 25% от предела прочности, а ударная вязкость его значительно выше ударной вязкости стали и алюминиевых сплавов.

Неоднородность стеклопластика как материала способствует локализации трещин. Высокая упругость обеспечивает восстановление нормальных обводов корпуса корабля после ударов. По своим теплоизоляционным свойствам стеклопластик приближается к дереву. С одной стороны, это способствует сохранению тепла в рабочих и жилых помещениях, а с другой — препятствует конденсации влаги на внутренней стороне обшивки корпуса.

Для изготовления корпуса тральщика, который весит более 200 т, была построена специальная металлическая матрица. Укладка стекловолокна производилась вручную, а пропитка смолой — с помощью дозировочных машин. Все работы осуществлялись в крытом помещении, оборудованном системой кондиционирования воздуха. Строительство тральщика оценивается примерно в 2 млн. фунтов стерлингов, что на 500 тыс. фунтов стерлингов больше стоимости постройки тральщика с деревянным или алюминиевым корпусом.

После ввода в эксплуатацию противоминный корабль Wilton (M1116) был включен в состав 2-й эскадры противоминных сил в Портсмуте. В 1974 году он принял участие в операции «Реостат» по разминированию Суэцкого канала. В строю тральщик Wilton (M1116) находился до 1994 года. В 2001 году он стал базой яхт-клуба Essex в Ли-он-Си в устье Темзы.

Тральщики-искатели мин класса Hunt (официально противоминные корабли класса Hunt — Hunt class mine countermeasures vessels) — тип противоминных кораблей британской постройки конца 1970–1980х годов. В 1975 году в Великобритании началось создание противоминного корабля нового поколения — тральщика-искателя мин со стеклопластиковым корпусом, оснащенного самым современным оборудованием, способного выполнять как задачи траления, так и поиска мин (рисунок 2).

В 1979 году был построен головной в серии минный тральщик из стеклопластика Brecon M29 водоизмещением 725 т. В момент появления в начале 1980 года

он был самым большим кораблем, построенным из стеклопластика.

В результате появились корабли класса Hunt, названные так в честь различных охотничьих сборов по всей Британии. Иногда тип также именуют «Брекон» — по названию головного корабля. Для своего времени они оказались самыми крупными и дорогостоящими кораблями в мире с корпусами из стеклопластика. Были приняты все возможные меры для минимизации уровня магнитного поля проектируемого корабля и для снижения уровня создаваемых им подводных шумов. Корабль должен был быть способен совершать дальние переходы морем в любую часть света.

Проектные характеристики тральщиков класса Hunt следующие:

- водоизмещение стандартное — 615 т;
- водоизмещение полное — 762 т;
- длина — 60 м;
- ширина — 9,8 м;
- осадка — 2,2 м;
- дальность плавания — 1500 миль 12-узловым ходом;
- экипаж — 45 человек (в том числе 6 офицеров).

В качестве армирующего материала корпуса была применена жгутовая стеклоткань — стеклорогожка, в качестве связующего применена изофталевая полиэфирная смола холодного отверждения. Всего на постройку корабля потребовалось 160 тыс. м² (или 130 т) стеклоткани. Корпус изготовлен методом контактного формования на металлической матрице. Толщина обшивки составляет 30–50 мм в зависимости от района корпуса. Срок формования корпуса составлял порядка 10 недель. На рисунке 3 изображено формование корпуса тральщика класса Hunt.



Рисунок 2. Тральщик из композиционных материалов класса Hunt [4]

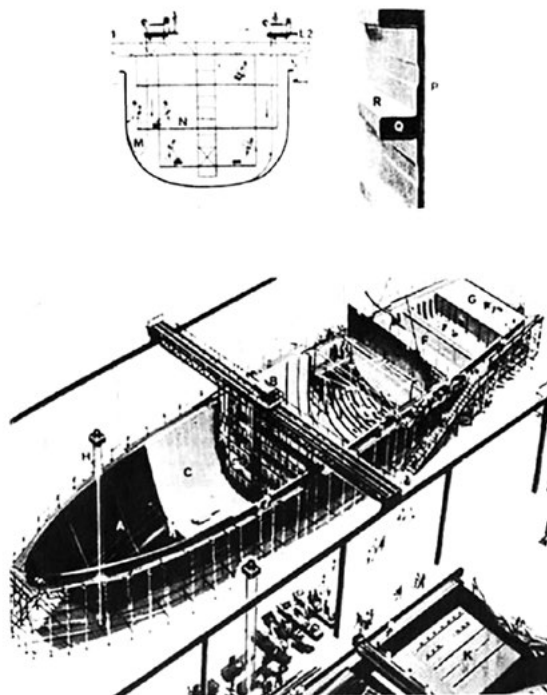


Рисунок 3. Изготовление корпуса тральщика из композиционных материалов Hunt [5]

Тральщик Hunt имеет длинный полубак, простирающийся на 2/3 длины корпуса, и тральную площадку в кормовой части корпуса, огражденную фальшбортом. Надстройка сдвинута в нос от миделя. Ходовая рубка закрытого типа, с крыльями мостика по бортам. На надстройке в корму от ходовой рубки башенноподобная мачта. За ней расположена дымовая труба, вертикальная овального сечения с сужением кверху и черным оголовком. В корму от трубы антенны радиоэлектронного вооружения и грузовые стрелы. Далее до транца находятся роостры, предназначенные для хранения противоминного вооружения, полностью занимающего кормовую часть. Там же побортно размещены две кран-балки грузоподъемностью 1 и 3 т, основное тральное вооружение и акустический генератор.

Энергетическая установка корабля состоит из двух 18-цилиндровых дизелей мощностью по 1800 л. с. При поиске мин, тралении и маневрировании применяется вспомогательная силовая установка — 750-сильный дизель. Электропитание систем тральщика обеспечивают три дизель-генератора суммарной мощностью 600 кВт и аварийный газотурбогенератор (60 кВт). При проектировании кораблей особое внимание уделили снижению физических полей — акустического и электромагнитного. В частности, оборудование тральщиков установлено на шумопоглощающих фундаментах, а дизеля выполнены в маломагнитном исполнении.

Артиллерийское вооружение противоминных кораблей класса Hunt весьма скромно — оно представлено единственной артиллерийской установкой. Первоначально на тральщики устанавливали 40-мм автоматы Bofors Mk.9, но позже их заменили более современными 30-мм артиллерийскими установками DS-30.

Тральщики класса Hunt состоят на вооружении Королевского флота Великобритании и ВМС Греции. В настоящее время в составе британского флота несут службу 11 кораблей этого типа. В Королевском флоте они получили номера с M29 до M41 и названия: Brecon, HMS Ledbury (M30), Cattistock (M31), Brocklesby (M33), Chiddingfold (M35), Atherstone (M38), Hurworth (M39) и Quorn (M41). Большинство из них построила верфь Vosper Thornycroft в Вулстоне, кроме Cottesmore (M32) и Middleton (M34), построенных Yarrow Shipbuilders в Клайде. Еще два — Bicester (M36) и Berkely (M40) были проданы Греции в июле 2000 года и в феврале 2001 получили новые названия Europa и Callisto соответственно.

В Королевском флоте главным предназначением тральщиков класса Hunt стал поиск, определение местоположения, классификация и уничтожение якорных и донных мин в Северном море, в прибрежных водах Великобритании, проливах Ла-Манш и Па-де-Кале. Первые два корабля этого типа («Брекон» и «Лэдбюри») в 1982 году участвовали в боевом тралении у Фолклендских островов (уже после окончания англо-аргентинского конфликта). Впоследствии главным районом применения тральщиков класса Hunt стал Персидский залив. Они активно участвовали в операциях против Ирака в 1991 и 2003 годах.

В настоящее время в Персидском заливе посто-

янно находятся один-два тральщика класса Hunt (вместе с более современными кораблями класса Sandown). Окончание холодной войны привело к сокращению корабельного состава Королевского флота и перераспределению задач. В 1990-е годы три корабля (Brecon, Cottesmore и Dulverton) лишились своего противоминного вооружения. Их переклассифицировали в патрульные корабли и направили для службы в Северную Ирландию. В 2005 году эти корабли вывели из боевого состава. Brecon стал несамостоятельным учебным судном. Два других тральщика в 2008 году передали Литве. Корабли после ремонта вошли в строй в 2011 году. Cottesmore стал «Скалвисом» (M53), а Dulverton — «Куршисом» (M54).

Самыми современными противоминными кораблями Великобритании — специализированными искателями мин (по классификации НАТО SRMH — Single Role Mine Hunter) являются корабли класса Sandown. Решение об их строительстве было принято в 1984 году. Этот тип кораблей предназначен исключительно для поиска и нейтрализации мин. Поэтому они оказались дешевле в постройке и эксплуатации, чем многоцелевые минно-тральные корабли класса Hunt, которых они и дополнили в составе Королевского флота (рисунок 4–5).

Головной корабль класса Sandown, спроектированный и построенный компанией Vosper Thornycroft в Вулстоне, был заказан в 1985 году, а введен в строй в 1989 году. Последующие четыре корабля первой серии были заказаны в 1987 году, а введены в строй до 1993 года.

Вторая и последняя серия кораблей класса Sandown должна была быть заказана в 1990 году, однако сроки заказа дважды переносились, и заказ второй серии состоялся только в 1993-м году. Все корабли были построены компанией VT Group (бывшая компания Vosper Thornycroft) в Вулстоне. Первые четыре в предполагаемой серии из 12 кораблей были заказаны в 1993 году и переданы флоту в 1999–2000 годах. Еще два корабля были заказаны в 2001 году и переданы флоту в 2003–2004 гг.

Vosper Thornycroft также построил три противоминных корабля класса Sandown для военно-морских сил Саудовской Аравии в рамках программы Al Yamamah, которые были введены в эксплуатацию в 1991–1997 годах.

Корабли класса Sandown имеют следующие проектные характеристики:

- водоизмещение стандартное — 450 т;
- водоизмещение полное — 484 т;
- длина — 52,5 м;
- ширина — 9,0 м;
- осадка — 2,3 м.

Судовая энергетическая установка включает два главных двигателя — дизеля мощностью 1523 л. с. каждый, которые обеспечивают скорость полного хода 13 узлов. Корабль имеет дальность плавания 2900 морских миль при ходе 12 узлов.

Корпуса противоминных кораблей класса Sandown выполнены из стеклопластика, и были приняты все

меры, чтобы минимизировать магнитное поле этих кораблей. Даже ведра у них на борту были изготовлены из немагнитных материалов. Корпуса противоминных кораблей класса Sandown первой серии полностью изготавливались методом контактного формования, аналогичного тому, как формовались корпуса противоминных кораблей класса Hunt с использованием армирующих материалов на базе Е-стекла в виде жгутовой стеклоткани — стеклорогожки и связующего на базе изофталевой полиэфирной смолы холодного отверждения.

При постройке противоминных кораблей класса Sandown второй серии для изготовления надстройки и различных внутренних конструкций корпуса применялась технология SCRIMP (Seeman Composites Resin Infusion Molding Process) — вакуумная инфузия.

Корабли класса Sandown второй серии имеют гребные винты увеличенного диаметра. Благодаря носовым и поворотным подруливающим устройствам каждый корабль способен маневрировать с высокой точностью.

Основное вооружение корабля — 30-мм пушка «Эрликон» с дальностью стрельбы до 10 км и скоростью стрельбы до 650 выстрелов в минуту.

Они также оборудованы усовершенствованной декомпрессионной камерой на двух человек (обслуживающей команду водолазов) и оснащены более мощным краном (которым переоснащались и корабли более ранней постройки) для перемещения аппаратов системы нейтрализации мин.

Противоминные корабли класса Sandown способны вести поиск и уничтожать мины на больших глубинах и в открытом море. Кроме обычного трала, который буксируется в воде и детонирует мины, корабли этого типа используют СНЧ/СВЧ минно-поисковую ГАС (типа 2093 ППП с пятью антенными решетками, опускаемую из камеры в корпусе). А затем могут применять два подводных аппарата с дистанционным управлением PAP104 Mod 5 (система RCMDS 2) для уничтожения мин фугасными зарядами. Спуск на воду и подъем аппаратов системы RCMDS (Remote Control Mine Disposal System) осуществляется с помощью специального крана.

В Королевском флоте противоминные корабли класса Sandown получили следующие названия: Sandown (M105), Penzance (M106), Pembroke (M107), Grimsby (M108), Bangor (M109), Ramsey (M110), Blythe (M111), Shoreham (M112).

Корабли, построенные для ВМС Саудовской Аравии в период с 1991 по 1997 гг., получили названия: «Аль-Джавф», «Шакра» и «Аль-Хардж». Их спаренные 30-мм АУ «Эмерлек» примерно аналогичны по своим возможностям одноорудийным артиллерийским установкам, установленным на британских кораблях.

В 1989 году Испания подписала соглашение о передаче ей технологии строительства модифицированного варианта противоминных кораблей класса Sandown по проекту испанской фирмы «Базан» (в настоящее время «Изар», г. Картахена).

В июле 2004 года Министерство обороны Великобритании объявило о том, что к апрелю 2005 года



Рисунок 4. Противоминный корабль класса Sandown [6]



Рисунок 5. Противоминный корабль класса Sandown [6]

в результате реорганизации Вооруженных сил Великобритании будут удалены три корабля класса Sandown. Три корабля Королевского флота были выведены из эксплуатации и проданы в Эстонию в сентябре 2006 года. Они были переоборудованы для решения других задач.

Еще один корабль был выведен из боевого состава в 2001 году, всего после 10 лет службы, и в 2002-м переоборудован в учебный корабль (стоит на приколе) Британского королевского военно-морского колледжа (Дортмут). После переоборудования в плавучие учебные классы корабль был переименован в «Хиндустан» (традиционное название учебных кораблей колледжа с 1864 года). **КМ**

Продолжение обзора, включающее описание применения композитных материалов в военном кораблестроении стран Континентальной Европы, США, Австралии, Швеции и Норвегии, читайте на страницах следующих выпусков журнала «Композитный мир».