Почему бы не использовать композиты в судостроении?

Stella Job

Уже более 60 лет композиты используются в малотоннажном судостроении и автоспорте. Более половины структурных элементов фюзеляжей современных самолетов, таких как Airbus A350 XWB и Boeing 757 Dreamliner, состоит из композитов. По мере быстрого развития производственных технологий использование композитов также стремительно расширяется. Применение композитов в строительстве и городской инфраструктуре начало расти с того момента, как 20 лет назад был установлен первый композитный мост. Благодаря низкому весу композиты можно применять в тех областях, где нельзя использовать металлы, например, изготовление длинных лопастей ветрогенераторов или водоотделяющих колонн, устанавливаемых в нефтяных скважинах на большой глубине.

Так почему бы не использовать композиты в судостроении?

Не смотря на то, что небольшие прогулочные лодки или рабочие суда в большинстве своем изготавливаются из композитов, растущее применение которых также характерно для военных судов, правила и инструкции касательно крупных коммерческих судов жестко ограничивают или даже полностью запрещают использование композитов. Эти правила основываются или ссылаются на Правила Международной Морской организации (IMO) SOLAS (безопасность жизнедеятельности на море). Все ограничения сводятся к горючести. SOLAS требует, чтобы конструкционные материалы были негорючими, и это требование находит отражение в различных Европейских или национальных законах. Волоконные композиты в своем составе содержат полимер, а ни один органический полимер не может пройти тест на негорючесть (ISO 1182), так что эти правила исключают использование композитов. Поправка к главе относительно пожарной безопасности SOLAS, принятая в 2002 году, известная как Правило 17, и позволяет использовать альтернативные способы конструирования и расчетов. Теоретически эта поправка могла бы разрешить использование альтернативных материалов, если они продемонстрируют эквивалентную безопасность. Но, не смотря на активные исследования и разработки новых продуктов, композиты еще ни разу не использовались в коммерческих судах.

Почему? Потому что в данной отрасли используется сталь. И точка! Использование судов не должно быть рискованным – океаны опасны, а корабли дороги. Стоимость композитов на начальном этапе обычно выше по сравнению со сталью, а о стоимости жизненного цикла никто не

думает, хотя такая ситуация начинает меняться. Опытные судостроители и эксперты по композитам дают такие комментарии: «Самая большая проблема заключается в том, что покупатель не может сравнить затраты на изготовление стеклопластика и на стоимость его жизненного цикла». Финансовые структуры часто ошибаются. Со стороны регулирующих органов наблюдается большое нежелание одобрять использование композитных структур, возможно из-за прочного лобби, существующего в IMO, которое противостоит любым изменения в этой области.



Судно Queen Victoria компании Cunard Line. Разрешение на использование фото © Stella Job

Однако сейчас группа специалистов IMO разрабатывает указания по использованию композитов в судостроении, что позволит упростить введение новых конструкций в соответствии с Правилом 17. Почему использование композитов для судостроения является желательным? Снижение веса, которое у нас обычно ассоциируется с заменой традиционных материалов на композиты, имеет иное значение для судов. Конечно, экономия топлива это преимущество, но, не смотря на меняющуюся цену на нефть, увеличение полезной нагрузки в результате снижения веса кажется гораздо более интересным и позволяет проекту быстрее окупиться. Размеры кораблей ограничены 290 м в длину и 32 м в бимсе – для того чтобы пройти шлюзы в Панамском канале. Большинство портов имеет схожие ограничения. При увеличении несущей способности круизных судов нужно принимать во внимание, что масса конструкции, находящейся выше ватерлинии, значительно влияет на стабильность судна. Именно поэтому использование легких материалов обеспечивает большие размеры надстройки, обладающей большей несущей способностью.

Шведский исследовательский проект LASS-C произвел замену надстройки круизного судна Norwegian Gem на композитную. Срок окупаемости дополнительной конструкции, принимая во внимание экономию топлива в результате снижения массы конструкции, составил 5,9 лет, но срок окупаемости от дохода в результате появления дополнительных кают, которые удалось построить при сохранении того же веса, составил уже 2,5 года. Эта ситуации аналогична грузовым судам – срок окупаемости меньше, если принимать во внимание потенциальную дополнительную полезную нагрузку, а не экономию топлива. Что касается военных судов, то для них преимуществом является трансформируемость платформы, возможность размещения большего количества вооружений и увеличенная скорость. Это достигается благодаря снижению веса и пониженному потреблению топлива.

Коррозионная стойкость – несомненное преимущество композитов перед сталью в морской воде. Кроме того, для военных заказчиков плюсами будут возможность размещения на судне современного «умного» оборудования, а также пониженные магнитная, радарная и инфракрасная сигнатуры. Улучшенные характеристики тепло и звукоизоляции важны во многих областях, например, на балконах круизных судов, где определенную проблему составляют тепловые мостики, или перегородки кают, где необходимо свести к минимуму шумопередачу.

Одно из потенциальных практических приложений композитов разработано на верфи Oshima – люковые закрытия. Эти огромные изделия имеют размер 17*8 м – каждая половина – и весили бы 36 тонн, будучи изготовленными из стали. Но при изготовлении из стеклопластика их вес не превышает 12 тонн. Большинство обращений по страховке в результате повреждений грузовых судов связано именно с люковыми закрытиями – проблема с герметичностью, коррозией и т.д. Стеклопластиковые закрытия сводят к минимуму большинство этих проблем и позволяют испо льзовать более легкие электрические краны. Конструкция, разработанная норвежским консультантом Рагнаром Хансеном, получила принципиальное одобрение DNV-GL, и сейчас, как ожидается, получить формальное одобрение относительно оценки риска пожаров.

Огромная проблема для стальных судов – коррозия стальных балластных емкостей. Эти емкости встроены в корпус, сквозь них проходят структурные бимсы, что создает весьма сложные по геометрии поверхности, которые трудно обслуживать. Полностью композитная структура могла бы решить эту проблему, но предложить вариант полностью композитного корпуса столь большого суда – дело далекого будущего.

Композиты уже используются при постройке коммерческих судов – мачты, обтекатели, модули ванных комнат, рундуки, спасательные шлюпки, трубопроводы. Полностью композитные клапаны и трубопроводы обладают высокой стойкостью к морской воде, используемой в системах охлаждения. За последние несколько лет построили несколько надстроек для военных судов, включая два эсминца класса Zumwalt для ВМФ США, корветы класса Стерегущий и фрегат Адмирал Горшков для ВМФ России, два корвета для ВМФ Индии.



1000-тонная палубная рубка эсминца ВМФ США Zumwalt (DDG 1000) устанавливается на палубу судна при помощи крана на General Dynamics Bath. Палубная рубка изготовлена из углеволокна с бальсой в качестве заполнителя. Изготовлена по технологии VARTM. Разрешение на использование фото © ВМФ США

Индийские корветы построили на военной судоверфи Kockums в Швеции, за ними последовали полностью композитные корветы класса Visby, «изготовленные из сэндвича на основе углепластика. Конструкционный материал обеспечивает высокую прочность и жесткость, низкий вес, хорошую ударопрочность, низкую

радарную и магнитную сигнатуры. Использование данного материала значительно снижает вес конструкции (обычно до 50% по сравнению с обычным стальным корпусом). Это приводит к повышению несущей способности, увеличению скорости дальности».

В чем же опасность пожара?

Пожар – реальная опасность для судов, отправляющихся в океан. Невозможно эвакуировать людей и оставить их на парковке, пока тушат пожар. Если вы в нескольких днях пути от берега, пожар представляет серьезную угрозу жизни и имуществу. Сталь не горит и гораздо дольше сопротивляется огню, нежели стеклопластик, но и она в конце концов разрушится. После одного часа при стандартной температурной кривой по ISO 834 неизолированная сталь сохраняет всего 5% своей прочности и жесткости. Кроме того, она мгновенно проводит тепло, что способствует распространению огня. Поэтому использование стали определяется хорошей изоляцией. Не смотря на то, что композиты сами по себе горючи, что обусловлено их органической составляющей, доступные сейчас материалы стали гораздо лучше, чем 20-30 лет назад, поскольку обладают стойкостью к огню.

Для того чтобы противостоять воспламенению и дальнейшему распространению огня специалистами было разработано несколько подходов. Композиты в условиях пожара теряют свою прочность при более низкой температуре, чем сталь, но, тем не менее, они по своим свойствам превосходят алюминиевые структуры, которые используются благодаря своей негорючести. Критический фактор для композитов в условиях пожара – противостоять разрушению, которое может произойти, если температура начала тепловой деформации (HDT) полимера постепенно превышается по толщине структуры. В противоположность металлам композиты являются прекрасными изоляторами, поэтому противостоят распространению огня. Машинн ое отделение на стеклопластиковом минном тральщике Королевского флота HMS Ledbury в 1983 году горело в течение нескольких часов, при этом смежные каюты не получили повреждений и не было необходимости дополнительного охлаждения. Изоляционных свойств ламинатов оказалось достаточно, чтобы предотвратить разрушение и прогорание структуры насквозь.



Фасадный пожарный текст большой композитной поверхности, хорошо защищенной с помощью водяного душа в верхней части. Единственная горящая часть на этом фото – дизельный поддон ниже поверхности. Проект BESST. Разрешение на использование фото © SP Технический исследовательский институт Швеции

Композитные панели используются для огне- и взрывозащиты на прибрежных нефтяных вышках, причем их разрабатывают с учетом того, чтобы обеспечить более чем двухчасовую защиту от огня. Брюс МакДональд из Lloyd’s Register представляет

Международную ассоциацию классификационных обществ в группе специалистов IMO. Он рассказал, что важнейшей причиной, заставляющей его развивать эту тему, стал тот факт что композиты сделали нефтяные вышки безопасными. МакДональд добавил: «Стеклопластик не может использоваться везде, но в данном случае есть преимущества. Технология очень современная, и риск пожара может быть значительно снижен. Это зависит от правильности выбора материала. Предписываемые требования довольно незрелые, но эффективные, и при текущем уровне знаний у нас есть возможность оценить перспективы. Предписываемые правила обращены в прошлое, но мы должны смотреть в будущее».

Удается ли нам приблизиться к будущему?

По мере того как композитные технологии быстро развиваются и захватывают новые рынки, в области малотоннажного судостроения и аэрокосмической отрасли они достигли зрелости. Такие вопросы как надежность и ремонты уже хорошо изучены. Текущая программа переоборудования минных тральщиков Королевского Флота – яркий тому пример. Их 60-ти метровые стеклопластиковые корпуса были построены в конце 1970-х – 1980-х годах и до сих пор находятся в отличном состоянии, причем ожидаемый срок службы достигает 50 лет. Группа специалистов IMO разрабатывает указания по использованию композитов в судостроении, хотя итог неясен, поскольку некоторые члены сообщества противостоят внедрению Правила 17 с целью оправдания использования альтернативы предписываемым негорючим материалам.

Филипп Нори из DNV-GL Норвегии в течение многих лет принимал участие в исследованиях и классификации судостроительных композитов. Ссылаясь на Кодекс Высокоскоростных судов, он указывает, что «высокоскоростные композитные суда используются более 25 лет, имеют прекрасный послужной список относительно пожарной безопасности. Действительно, за все это время не произошло ни одного крупного пожара или часто повторяющегося инцидента, связанного с возгоранием. Это доказывает, что правила работают, что системы активной и пассивной защиты от пожара эффективны и надежны, и что отрасль обладает необходимым опытом и набором решений, готовых к использованию на крупных коммерческих судах. Мы не начинаем с нуля. Мы развиваем уроки последних 10 лет исследований и разработок в области использования композитов на крупных коммерческих судах».

Томми Герцберг из SP Fire Research, Швеция, в сотрудничестве с Европейской комиссией, разрабатывает стандартные тесты и процедуры сертификации пожаростойкого поведения композитов на кораблях. Это могло бы упростить использование композитов на пассажирских судах, внутренних водных путях, а также каботажных судов. Герцберг уверен, что требования по пожарной безопасности Кодекса Высокоскоростных судов можно адаптировать к каботажным судам и судам для внутренних водных путей, поскольку риски пожаров сравнимы. Томми



Купольное спутниковое оборудования судна Queen Victoria. Разрешение на использование фото © Stella Job

Герцберг также является председателем E-LASS, европейской сети по применению легких структур на море. В этом качестве он стремился убедить национальные органы власти поддержать работу группы специалистов IMO в начале 2014 года. Послание E-LASS поддержали 85 организаций по всему миру, что показало сильнейший интерес к преимуществу композитов. Возможно, наиболее влиятельными в этой области являются судовладельцы и судостроители. Поскольку они видят экономические преимущества использования композитов, которые также ведут к экологическим преимуществам, законодателям придется подтвердить безопасность использования композитов.

Майк Колье из Carnival встретился с национальными представителями Комитета морской безопасности IMO в ноябре 2014, рассказав, что компания Carnival, крупнейший в мире оператор круизных судов, очень желает развития применения легких материалов, в частности для уменьшения веса кают и прочих элементов. Интерес, высказанный Oshima к разработке люковых закрытий, весьма важен, поскольку в разработку проектов вовлечены несколько европейски верфей, включая Meyer Werft и Fincantieri

Пояснения

Организация IMO

IMO – это агентство в составе ООН, ответственное за «безопасное, надежное и эффективное судоходство в чистых океанах». В его состав входит 170 государств и 63 межправительственные организации со статусом наблюдателя (как например Еврокомиссия), а также множество неправительственных организаций со статусом консультанта (например, Сообщество Ассоциаций Европейских верфей), Международная ассоциация классификационных обществ. (IACS).

IMO разрабатывает и утверждает законопроекты, которые выполняются в государствах флага (правительственными агентствами, как например Агентством Морской и Береговой охраны Великобритании). Государство флага может «доверять инспекции и осмотры как целевым инспекторам, так и признанным организациям» (SOLAS, глава 1, правило 6). На практике в роли «признанных организаций» часто выступают классификационные сообщества, такие как Lloyd's Register, DNV-GL.2.

Коммерческие суда (международные)

Международная конвенция IMO по безопасности жизнедеятельности на море (SOLAS) – это международный договор, появившийся впервые в 1914 году в ответ на катастрофу Титаника. Однако с тех пор он значительно изменился. Этот документ указывает минимальные стандарты по безопасности конструкций, оборудования и использования пассажирских судов, перевозящих более 12 пассажиров, или грузовых судов, перевозящих 300 тонн груза и работающих в международных водах.

Глава II-2 по защите от пожаров требует применения негорючих конструкционных материалов. Это могло бы запретить использование любых композитов с органической полимерной матрицей. Однако, правило,

вступившее в силу в 2002 году, Глава II-2/17 (Правило 17) позволяет использовать альтернативные способы конструирования и расчетов – при условии обеспечения эквивалентного уровня безопасности.

Правило 17 успешно использовалось для некоторых случаев отклонений от кодекса. В нескольких проектах его применили для структурного композита, но оно до сих пор не является общепринятым.

По этой причине подкомитет IMO по Проектированию и Конструированию судов создал группу специалистов, разрабатывающих указания по использованию композитов в структурах судов SOLAS. Это долгий и медленный процесс, и до сих пор в подкомитете существует довольно сильное лобби, ратующее за сохранение предписанных требований по негорючести главы II SOLAS, вопреки намерению разрешить использование альтернативных материалов.

Кодекс высокоскоростных судов (международный)

Международный Кодекс безопасности высокосортных судов введен в 1994 году. Он разрешает использовать композиты для строительства судов, способных развивать определенную скорость (определяется уравнением, связанным с перемещением). Кодекс определяет строгие, но выполнимые тесты по пожаробезопасности. Многие суда были построены с учетом требований данного Кодекса.

Пассажирские суда/паромы (Евросоюз)

Пассажирские суда/паромы, используемые на национальных морских территориях Евросоюза разрабатываются в соответствии с Директивой 2009/45/EC, не позволяющей использовать структурные композиты, требуя применения «стали или аналогичных негорючих материалов».

Директивы Евросоюза относятся к судам, находящимся в территориальных водах Евросоюза, и обычно (но не обязательно) их относят к судам, используемым в национальных водах одного государственного флага. Некоторые государства флага (например, Швеция, Дания и Турция) разрешают строить паромы, используя структурные композиты в соответствии с Кодексом высокоскоростных судов, хотя они не удовлетворяют требованиям по скорости и используются только в их прибрежных территориальных водах.

Суда для плавания по внутренним водным системам (EU)

Суда, используемые на внутренних водных путях Евросоюза, попадают под действие 2006/87/EC. Разрешено использование альтернативных материалов для строительства корпусов, «стали или другого аналогичного материала» для переборок, стен и палуб, исключая зоны высокой пожароопасности (машинное отделение) где должны использовать негорючие материалы.

Крупные яхты (местные органы власти)

Существует кодекс крупных яхт, позволяющий использование структурных композитов для прогулочных яхт, способных перевозить до 12 пассажиров, с длиной линии нагрузки 24 м. Требования по пожаробезопасности не обязательно идентичны Кодексу высокоскоростных судов.

В 2010 году Red Ensign Group (Великобритания, коронные территории и заморские территории) разработали Кодекс Пассажирских яхт (в 2014 году вышло 4-е издание), касающийся прогулочных яхт, способных перевозить 13-36 пассажиров, как «эквивалентные указания» подчиняющиеся SOLAS. В настоящее время этот документ не разрешает использовать структурные композиты, требуя применения негорючих материалов.

Маленькие прогулочные суда и вспомогательные суда. (EU)

Данные суда попадают под действием Директивы прогулочных судов (RCD, 94/25/EC, с изменениями 2003/44/EC, в ближайшее время будет заменена редакцией 2013/53/EU) и Процессуальными кодексами малых коммерческих судов. Эти документы разрешают использование структурных композитов для судов, несущих менее 12 пассажиров. В некоторых случаях, например, для вспомогательных судов, требуется специальный обслуживающий персонал.

®Все фотографии принадлежат авторам

Оригинал статьи по ссылке http://www.materialstoday.com/carbon-fiber/features/why-not-composites-in-ships/