

Друг судовладельца – ДЕФЕКТОСКОП



Фото Э. Бубовича

Полувековой опыт пластикового судостроения не дал однозначного ответа на вопрос, как отформовать корпус, чтобы не иметь с ним проблем на протяжении всего срока эксплуатации. Нам не хватает осознанного опыта владения корпусами, изготовленными с теми или иными технологическими особенностями, понимания их пригодности в конкретных условиях эксплуатации, что послужило бы основой для принятия решения при покупке нового либо бывшего в эксплуатации судна. Предлагаемое рассуждение на тему качества стеклопластиковых корпусов наверняка даст полезную информацию для этого.



Рис. 1. Портативный дефектоскоп «ДАМИ-С» с акустическим сканером «РС-1» и преобразователем свободных колебаний «ИПУ-1»

Ничто не вечно

Во всем мире из стеклопластика изготавливают преобладающую по сравнению с прочими материалами часть промышленных катеров и яхт. Но данных, надежно связывающих тип исходных материалов для производства композитов и геометрические параметры конструкции с ее ресурсом и стойкостью к повреждениям, до сих пор не существует. Причина проста: армированные композиты и, в частности, стеклопластик как наиболее типичный их представитель являются конструкционными материалами, получаемыми непосредственно во время постройки корпуса на верфи. Его механические свойства тесно связаны с конструкцией конкретного корпуса и принятыми на верфи технологиями, а их крайне сложно нормировать – да-

леко не всегда удастся контролировать влияющие на качество факторы.

В отличие от металлов, применяемые для изготовления корпусов судов слоистые композиты типа стеклопластика подвержены старению. Причина этого – постепенная естественная деградация матрицы связующего вещества (полиэфирных либо эпоксидных смол) под воздействием воды, ультрафиолета, температурных перепадов. В процессе старения пластик конструкции постепенно снижает механические свойства, но практически не изменяет своего внешнего вида и размеров, поэтому анализ его состояния путем контроля геометрических размеров сечения конструкции из композиционных материалов, в отличие от металла, лишен смысла. При неблагоприятном сочетании условий естественное ста-

рение может привести как к распаду матрицы в толще, так и к снижению прочности контакта матрицы с армирующими волокнами, следствием чего станет ослабление ламината и накопление в нем дефектов. Нештатные нагрузки, связанные с ударами при эксплуатации, длительными местными напряжениями, например, при хранении корпуса на плохо спроектированном кильблоке, а также недостаточная по времени просушка корпуса перед наступлением морозов способствуют слиянию точечных дефектов в области расслоения ламината.

В ряде случаев состарившийся стеклопластик с восстановленным декоративным покрытием внешне мало отличается от нового материала, но накопленные внутренние дефекты, в частности, типа «расслоение», ко-

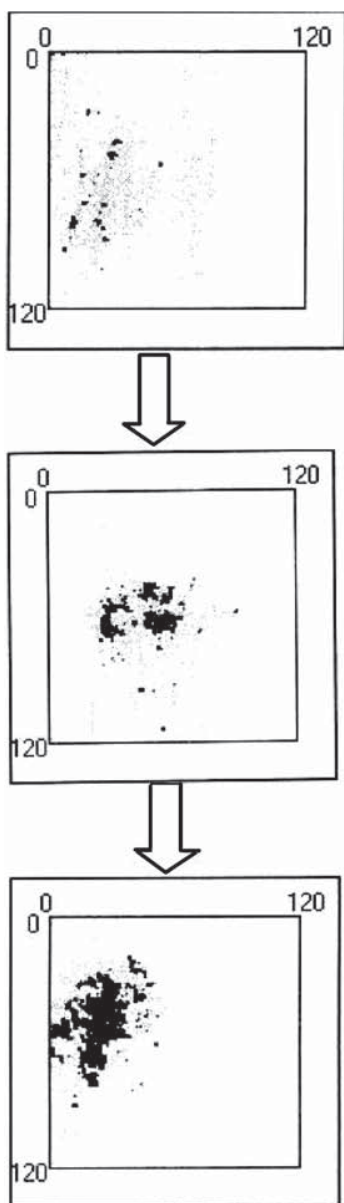


Рис. 2. Развитие расслоения из микроповреждений с течением времени

ренным образом ухудшают его механические свойства, вплоть до полной потери работоспособности. По достижении дефектом определенного размера напряжения, действующие в конструкции в районе его расположения, превышают пределы прочности, установленные проектантом и изготовителем судна. Это может привести к разрушению конструкции при расчетных режимах движения и к непропорциональному увеличению зоны аварийных разрушений при нештатных воздействиях.

Профилактика – лучшее лечение

В соответствии с практикой, сложившейся в мировом судоходстве, одним из достоверных критериев оценки экс-

плуатационной прочности и долговечности корпуса судна является наблюдение за динамикой развития в нем различных эксплуатационных дефектов и износов.

В настоящее время способ определения технического состояния корпуса судна из композиционных материалов в ходе эксплуатации надзорными органами базируется только на визуальном внешнем осмотре. При этом в соответствии с Правилами Российского Речного Регистра техническое состояние пластмассового корпуса признается негодным в случаях расслоения обшивки и отслоения приформовок от обшивки и элементов набора, а также появления трещин по обшивке и набору. Но это уже тот случай, когда, как говорится, «поздно пить Боржоми». Практика показывает, что до подобного состояния судно надо умудриться довести – обращаться по-варварски, хранить зимой как придется, не ухаживать за декоративной поверхностью обшивки. Теория выносливости конструкционных материалов говорит нам, что до появления заметных извне разрушений в толще конструкции должны образоваться и накопиться внутренние дефекты, постепенно ее ослабляющие. Для стеклопластика это и будут микро-расслоения, образующиеся при неправильном содержании корпуса и множющиеся при каждой посадке на мель и неудачном навале на причальный бон.

Возможно ли отследить процесс образования и роста дефектов пластика? Визуально, как отмечалось выше – нет, но существует хорошо отработанная методика неразрушающего контроля состояния материалов. В ее основе лежит технология измерения степени затухания (импеданса) акустических низкочастотных колебаний при прохождении через толщу ламината, разработаны и соответствующие приборы (рис. 1). Наблюдение за динамикой развития внутренних дефектов типа «расслоение» в корпусах судов из композиционных материалов методами неразрушающего контроля дает информацию об изменении технического состояния корпуса в процессе эксплуатации.

Внутренние дефекты судового корпуса, изготовленного из композиционных материалов, которые выявляются методами неразрушающего контроля,

проявляются как расслоения между слоями армирующего материала. При этом пустоты между наполнителем и крайними слоями сэндвичевых конструкций, между декоративным покрытием и ламинатом, а также в узлах соединений по плоскости контакта между соединяемыми элементами (накладками, приформовочными угольниками) и в самих соединительных элементах заполнены газом. Проявления осмоса фиксируются только на заключительной стадии в виде расслоений.

Обследование корпуса с помощью дефектоскопа проходит за две стадии. На первой проводится быстрый «обзор» обшивки корпуса методом свободных колебаний с целью локализации дефектов. На второй стадии области, содержащие дефекты, тщательно сканируются для снятия картины внутреннего повреждения. Акустический сканер позволяет получать изображения дефектов в графической форме, измерять их размеры и площадь. Точность тщательной локализации дефекта достигает 4 мм². На рис. 2 показана типичная картина области расслоения. По результатам сканирования составляется карта дефектов (рис. 3).

Очевидно, чем больше общая площадь расслоений, тем выше вероятность разрушения конструкции под действием нагрузок, и случайных, и регулярных. Допустимый предел утраты прочностных свойств конструкции определяется достижением дефекта типа «расслоение» такой площади, при которой уровень действующих в конструкции напряжений превышает предельно допустимый. Расчеты с использованием моделей разрушения типовых конструкций говорят, что, например, если в судне длиной около 6 м суммарная площадь дефектов достигает 5 см², случайные нагрузки, которые можно относить к эксплуатационным, уже могут привести к разрушениям.

Замечено, что на поведение конструкции под нагрузкой влияют свойства связующего, использовавшегося при производстве. Вязкие смолы труднее пропитывают армирующие материалы, поэтому при их наличии плотность дефектов получается в среднем выше, но и их рост и слияние под на-



Рис.3. Схема расположения дефектов по корпусу. Наибольшая их плотность отмечается в районе переменной ватерлинии и по скуле.

грузкой проходят медленнее. Более текучие и хрупкие смолы лучше пропитывают волокна, но и рост дефектов в таком ламинате происходит существенно быстрее и скачкообразно, со значительными по площади расслоениями.

Как показывает практика...

Прежде чем прийти в негодное состояние, стеклопластиковый корпус в среднем служит 15–18 лет. Но риск получить трещину в корпусе при жесткой посадке на мель либо при неудачном прыжке с волны появляется намного раньше. Критически влияют на вероятность эксплуатационного повреждения вследствие скрытых дефектов происходившие в ходе эксплуатации судна аварийные происшествия, условия хранения в зимний период и способы постановки на кильблок.

Максимальный срок гарантийных обязательств, устанавливаемых производителем для корпусов судов из композитов, поставляемых на российский рынок, как правило, составляет один год на конструктивную целостность и пять лет на возникновение необратимых осмотических изменений в корпусе. По окончании гарантийного срока, данного фирмой-изготовителем на корпусные конструкции судна, оценка их технического состояния становится обязанностью и прерогативой органов, осуществляющих техническое наблюдение за судном – обычно Инспекции по маломерным судам и Речного Регистра.

Экспериментальные исследования сотни корпусов в московских яхт-клубах, проведенные инициативной группой при Речном Регистре, показали, что практически все стеклопластиковые суда возрастом старше трех-

пяти лет имеют скрытые расслоения в корпусе той или иной степени развитости, вызванные процессами старения и осмоса. Множество дефектов было обнаружено в пластике с декоративным покрытием темных цветов, со стороны, подвергаемой наиболее интенсивному нагреву на солнце.

Особый случай – суда, получившие однажды серьезные повреждения и подвергнутые ремонту. Вот реальный случай из практики дефектоскопии. Владелец судна длиной более 20 м на полном ходу «нашел» скалу в финских шхерах. У лодки было снесено две трети днища вдоль килля и все выступающие части, включая водозаборники системы охлаждения. Услугами консультантов при заключении контракта с финскими ремонтниками он не воспользовался. После ремонта судно своим ходом пришло в марину, где его подняли на зимний отстой. Схема строповки была штатной, поднимали итальянцы, смонтировавшие кран и делающие это так, как они это делали миллион раз до того во всем мире. Но днище лодки вдруг треснуло насквозь вдоль килля на длине более 2 м. Начался разбор происшествия. Неразрушающий контроль показал: все днище представляло собой сплошное расслоение. Косметика соблюдена, но прочности – ноль. Насколько известно, финнам претензии предъявить не удалось, и лодку быстро продали другому судовладельцу.

Понятно, что покупка судна, бывшего в употреблении, представляет собой лотерею. Как повысить шанс на выигрыш? Только постараться выявить возможные дефекты методом неразрушающего контроля. Органы технического надзора пока не торопятся «закручивать гайки», и это правильно,

поскольку даже при наличии определенного количества расслоений корпус может служить долго и успешно, если не подвергать его экстремальным нагрузкам. Но кто поручится? Логично было бы в целях безопасности ограничить район плавания для «пожилых» корпусов. Другая заинтересованная сторона в игре – страховые компании, которым невыгодно ставить на учет и новые, и подержанные суда по единой ставке.

Есть большой соблазн впасть в панику и разувериться в стеклопластике как достойном материале для корпуса судна. Но ряд преимуществ пластиковых судов, таких как совершенство обводов, высокое качество наружных поверхностей, низкая стоимость при крупносерийном производстве, недостижимы при изготовлении судов из других материалов. Залог долговечности стеклопластикового корпуса – прежде всего в достаточном запасе прочности, заложенном при проектировании, в высокой культуре производства на верфи-изготовителе и в достаточной культуре владения им. Мы привели здесь достаточно причин для того, чтобы вы задумались о действительном состоянии своего композитного судна, а не спешили избавиться от него и приобретать корпус с непонятным прошлым. Почувствовать себя увереннее в любом случае поможет консультация специалиста, вооруженного дефектоскопом.

СПЕЦПРЕДЛОЖЕНИЕ

Jeanneau Prestige 36, 2007 г.

Длина:	11.6 м
Двигатель:	2 x Volvo D6 370

Цена: по запросу
 Находится: Москва
 Тел.: +7 (985) 765-75-01
 Цвет корпуса: белый
 Полная комплектация.
 Яхта в отличном состоянии.
 Нароботка двигателей: 80 моточасов.