

МОНИТОРИНГ ПРОЧНОСТИ СУДНА КАК ОДИН ИЗ ПУТЕЙ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ МОРЕПЛАВАНИЯ

О. П. ЗАВАЛЬНИЮК, В. Б. НЕСТЕРЕНКО (Херсонский гос. морской ин-т)

Проведен анализ аварийности на морском флоте. Подчеркивается необходимость нахождения оптимального решения для обеспечения безопасности мореплавания с позиции мониторинга технического состояния корпусных конструкций судов. Приведены и проанализированы первые результаты исследований материала корпусных конструкций судов с применением метода неразрушающего контроля по измерениям коэрцитивной силы.

Analysis of accident rate in the navy was performed. The need for finding an optimum solution for ensuring safe navigation in terms of monitoring the technical condition of ship hull structures is emphasized. The first results of investigation of ship hull structure material with application of the technique of NDT by coercive force measurements are given and analyzed.

Перевозка грузов морским транспортом занимает одно из основных мест в мировой экономике. Более 90 % мировых перевозок природных минеральных ресурсов, нефти, газа, химических продуктов, зерновых и других грузов осуществляется морским путем. Основная масса генеральных грузов в контейнерах также перевозится морем.

Громадные материальные ценности и людские ресурсы постоянно находятся в процессе перемещения на морских трассах.

Следствиями современных морских катастроф и серьезных аварий являются многочисленные человеческие жертвы, экологические проблемы, материальные потери, а также не поддающийся материальному учету психологический фактор.

Иллюстрируя ситуацию с аварийностью на морском флоте, воспользуемся данными, приведенными на XII семинаре Российского морского регистра судоходства «Качественное судоходство: стандарт XXI века. Безопасность и защита морской среды: грядущие перемены» (Санкт-Петербург, октябрь 2009).

Генеральный директор Российского морского регистра судоходства в своем докладе «Системный подход к обеспечению безопасности: тенденции и приоритеты развития» [1] представил данные, характеризующие состояние аварийности судов, зарегистрированных в реестре Российского регистра. По словам докладчика эти данные незначительно отличаются от аналогичных показателей аварийности судов мирового флота. На рис. 1 представлено распределение аварийных случаев по видам и объектам технического наблюдения.

На рис. 2 приведены результаты инспекций судов органами Государственного портового контроля (Port State Control) — органа, установленного Международной морской организацией (ИМО) для осуществления контроля заходящих в порты судов на соответствие их требованиям международ-

ных конвенций, направленных на обеспечение безопасности мореплавания.

При сравнении рис. 1 и 2 видно, что значительная доля аварий происходит из-за износа, повреждений, дефектов корпусной части судна (поч-

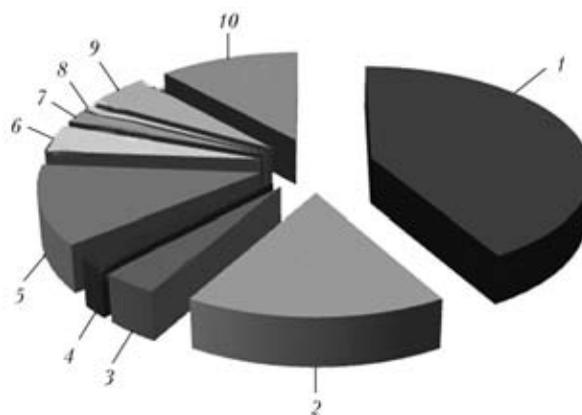


Рис. 1. Распределение аварийных случаев по видам и объектам технического наблюдения (%): 1 — корпус (41,63); 2 — главные механизмы (16,72); 3 — вспомогательные механизмы (3,73); 4 — электрооборудование (2,02); 5 — валопроводы (12,14); 6 — двигатели (4,23); 7 — рулевые устройства (1,93); 8 — якорные устройства (0,76); 9 — кораблекрушения (5,08); 10 — прочие (11,75)

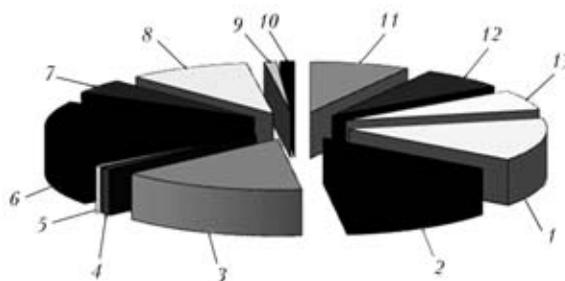


Рис. 2. Распределение несоответствий по категориям в 2008 г. (%): 1 — механические установки (14); 2 — МКУБ (13); 3 — общие вопросы безопасности (15); 4 — ОСПС (1); 5 — перевозка грузов (1); 6 — противопожарная защита (18); 7 — радиооборудование (5); 8 — спасательные средства (10); 9 — средства сигнализации (1); 10 — судовые свидетельства (1); 11 — безопасность мореплавания (8); 12 — грузмарка (7); 13 — МАРПОЛ 73/78 (6)



ти 42 %). В то же время органами портового контроля дефектов в корпусной части не выявлено, т. е. усталость металла, скрытые дефекты и износ корпуса судна, а также другие показатели скрытой угрозы безопасности судна невозможно выявить при подобного рода инспекциях. Например, на рис. 3 показана катастрофа 30-летнего судна EUROBULKER-X у причала при погрузке клинкера.

Гибель танкеров «Erika» и «Prestige» в начале нынешнего тысячелетия повлекла за собой гигантские загрязнения нефтью побережья Франции и Испании.

К сожалению, сегодня участились случаи гибели судов класса «река–море», которые сопровождаются человеческими жертвами. Подтверждением этому служит недавний случай гибели теплохода «Василий», перевозившего металл из Украины в Грузию, который затонул в 2010 г. у мыса Кыз-Аул в Черном море в условиях 5-балльного шторма: судно разломилось пополам и затонуло.

Теплоход «Basiktash» (груз — 2950 т базальта) потерпел крушение в 2011 г. в порту Сочи, в результате разлома в районе миделя.

Цель данной работы — найти оптимальные решения обеспечения безопасности мореплавания с позиции мониторинга технического состояния корпусных конструкций судов.

Результаты исследований. В течение жизни всего лишь одного поколения людей флот качественно менялся дважды. В послевоенные годы в условиях наступившего мира и подъема мировой экономики наблюдались интенсивный рост, качественное обновление и модернизация флота. Длина судов заметно выросла по сравнению с довоенными судами и достигла 160...180 м. Продольная прочность корпусов судов обеспечивалась теми нормами, которые использовались в судостроении, и вопрос контроля продольной прочности не стоял так остро, если погрузка/выгрузка выполнялась без резких отклонений от инструкций и рекомендаций судостроителей.

Следующая волна обновления морского флота происходила в 1970-е годы. Внедрение электросварки, секционного судостроения, других передовых методов строительства судов, а также разработка новых судовых двигателей, более современ-

ного машинного, навигационного, спасательного и другого оборудования позволили резко увеличить размеры судов.

Как оказалось, крупные суда более экономичны в постройке и еще более выгодны заказчикам.

Однако с увеличением длины судов неизбежно возросла их уязвимость от воздействия перегрузок на корпус за счет высокой интенсивности грузовых работ в портах погрузки и выгрузки, влияния морского волнения, вновь появившихся требований по смене балласта в море, сопровождающихся избирательной нагрузкой на отдельные участки корпуса. К примеру, интенсивность погрузки угля в порту Ричардс Бей (ЮАР) достигает 10 тыс. т/ч. Часто судовые насосы не успевают откатывать балласт и приходится останавливать погрузку. Судно типа «capesize» грузоподъемностью 150 тыс. т находится на погрузке приблизительно одни сутки. При такой интенсивности погрузки возникают значительные напряжения в корпусе, которые ведут к ускоренной деградации металла корпуса. Интенсивный процесс износа продолжается и при плавании судна в штормовых условиях. Все эти факторы нагружения, как и следующие далее, полностью отвечают малоциклового усталости (МЦУ), причем в тяжелом режиме.

Предельный возраст транспортного флота колеблется в пределах 25...30 лет и процессы деградации металла в корпусе совместно с активными коррозионными явлениями ведут к ослаблению продольной прочности корпуса судна, которая не может определяться широко известными на сегодня методами контроля прочности судна.

Комитет по безопасности на море (MSC) Международной морской Организации (ИМО) 6 июня 1994 г. представил «Рекомендации по установке систем мониторинга напряжений корпуса для повышения безопасной эксплуатации судов, перевозящих сухие грузы навалом» (MSC/Circ.646, 1994. Recommendations for the fitting of Hull Stress Monitoring Systems). Согласно документу [2], количество балкеров, потерпевших крушение, в конце 1980-х годов стимулирует ИМО принять различные меры к повышению уровня безопасности таких судов. Одним из таких шагов стала рекомендация ИМО судовладельцам об установке систем мониторинга прочности корпуса для обеспечения безопасности эксплуатации балкеров дедвейтом 20 и более тысяч тонн. Предполагалось, что установка таких систем необходима и на других подобных судах.

В 2010 г. в Херсонском государственном морском институте при кафедре судовождения, охраны труда и окружающей среды создана научно-исследовательская лаборатория «Безопасность грузовых и балластных операций морских судов», целью которой стало решение задачи мониторинга прочности корпуса судна при любых условиях его эксплуатации.



Рис. 3. Катастрофа судна EUROBULKER-X (сентябрь, 2000 г., Греция)

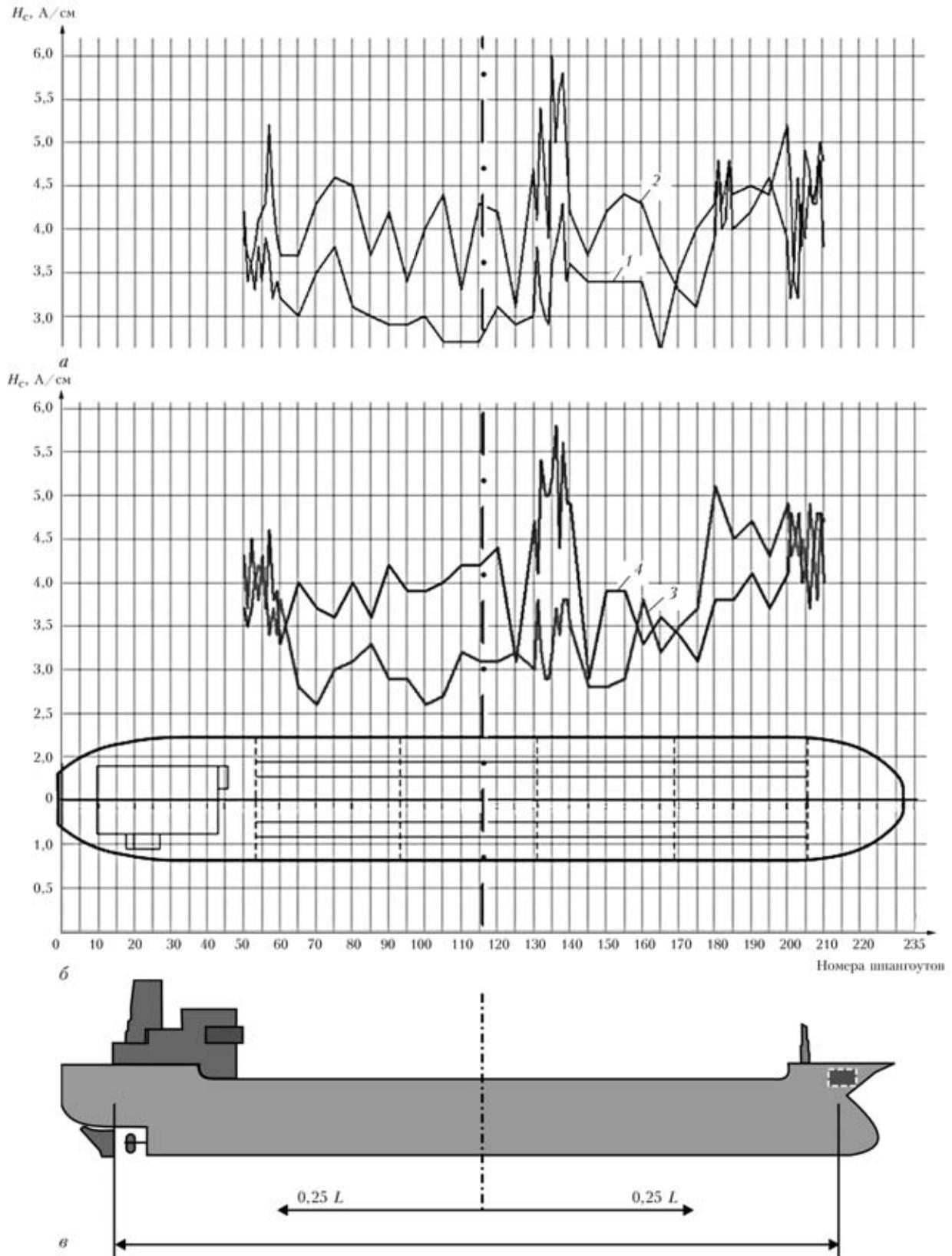


Рис. 4. Результаты замеров коэрцитивной силы на теплоходе «Сибирский-2101»: а — замеры левого; б — правого бортов; в — схема предполагаемого распределения максимальных нагрузок по длине судна согласно MSC/Circ.646, 1994 [2] (1, 3 — продольные; 2, 4 — поперечные составляющие коэрцитивной силы)

Первоначально авторы статьи проводили работы в режиме поиска метода контроля продольной прочности корпуса судна, который был бы прост

и удобен для использования в судовых условиях, достаточно точен и мог бы реагировать на мгновенные изменения механических нагрузок корпу-



са судна, определять уровень деградации металла корпуса до наступления его разрушения.

Анализируя ряд методов контроля продольной прочности корпуса судна, авторы ознакомились с опытом, достигнутым в процессе выполнения европейского проекта «Ship-Inspector», а именно — применением методов дальнего действия низкочастотного УЗ контроля протяженных объектов и УЗ линейных фазированных решеток. Ознакомившись с докладами британских коллег на 18-й Международной конференции «Современные методы и средства неразрушающего контроля и технической диагностики» (октябрь, 2010, Ялта), авторами было принято решение применить другие методы НК.

Во время проведения конференции был подписан договор о научно-техническом сотрудничестве с научно-производственной фирмой «Специальные Научные Разработки» (г. Харьков). В результате определен метод контроля продольной прочности корпуса судна — метод неразрушающего контроля по измерениям коэрцитивной силы материала судовых корпусных конструкций.

Херсонскому государственному морскому институту для проведения научных измерений на судах был предоставлен прибор — магнитный структуроскоп (коэрцитиметр), разработанный НПФ «Специальные Научные Разработки», а также возможность обмениваться информацией с фирмой, предоставляющей рекомендации по выполнению замеров, созданию методики измерений на судах и т. п.

Авторы видят своей первоначальной задачей следующее:

- адаптацию коэрцитиметра к измерениям элементов продольной прочности объектов морского транспорта;

- создание и отработку методики измерений;
- накопление опыта для сравнения результатов наблюдения судов разных по типу, проекту постройки, возрасту, усталостному состоянию корпусных конструкций и т. д.

Первые измерения были выполнены на теплоходе «Сибирский-2101», который находился в ремонте на Херсонском судостроительном заводе (судно типа река–море, место постройки — Финляндия, год постройки — 1980, длина — 128,43 м, ширина 15,63 м, водоизмещение 5293 т, дедвейт 3480 т). Объектом измерения был выбран комингс трюмов № 1–4, который простирается непрерывно от шпангоута № 50 — в кормовой части, до шпангоута № 210 — в носовой части, и является верхней несущей балкой продольной прочности.

Результаты замеров, которые были выполнены на несущих конструкциях продольной прочности корпуса судна, приведены на рис. 4.

Выводы

Целью измерений на теплоходе «Сибирский-2101» было установить места вероятного износа и усталости металла корпуса судна из-за действия изгибающих моментов во время грузовых операций и плавания в штормовую погоду, а также сравнить их с рекомендациями Комитета по безопасности на море Международной морской Организации (MSC/Circ.646).

Большие значения коэрцитивной силы, наблюдаемые в результате замеров (рис. 4), соответствуют области повышенного износа корпуса судна, что отвечает ожидаемым значениям согласно классической теории об усталости корпуса.

Кривые результатов замеров состояния продольных элементов набора корпуса показывают, что места повышенного износа корпуса исследуемого судна почти совпадают с местами, рекомендованными ИМО для установки датчиков механических напряжений, а именно: район мидельшпангоута и места, находящиеся в 1/4 длины судна от носового и кормового перпендикуляров.

Графики замеров состояния продольных элементов набора корпуса показывают, что измерения, выполненные на левом и правом бортах, отмечаются значительной симметричностью показаний, что дает все основания полагать, что полученные данные довольно близки к истинным.

Очевидно, что коэрцитиметр реагирует на деградацию металла элементов прочности продольных связей, поэтому методика НК по измерениям коэрцитивной силы для мониторинга прочности судна должна развиваться и совершенствоваться.

По мнению авторов, мониторинг прочности судна с применением метода НК по измерениям коэрцитивной силы материала судовых корпусных конструкций непременно должен снизить показатели статистики, приведенной вначале (статистика распределения аварийных случаев по видам и объектам технического наблюдения).

Сложная ситуация с экспериментальной базой, не всегда благоприятная погода, другие помехи в работе объективного и субъективного характера затрудняют проведение систематических замеров на судах и выполнение поставленной задачи.

1. <http://www.rs-head.spb.ru> — официальный сайт Российского морского регистра судоходства.
2. MSC/Circ.646. Recommendations for the fitting of Hull Stress Monitoring Systems, 06.06.1994. ИМО.

Поступила в редакцию
22.03.2011