

ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА КОНТРОЛЯ ДЕФОРМАЦИЙ КОРПУСНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

А.К. Сандлер, Е.В. Дрозд
Одесская национальная морская академия

Рассматриваются пути совершенствования систем диагностического контроля судовых корпусов. Предлагается использовать диагностическую распределенную систему с волоконно-оптическим гироскопом.

ВСТУПЛЕНИЕ

В соответствии с требованиями Международного Кодекса по управлению безопасной эксплуатацией судов и предотвращением загрязнения МКУБ-93 вся ответственность за эксплуатацию судна возлагается на судоходную компанию. При этом подразумевается, что судно, осуществляющее перевозку груза, удовлетворяет всем критериям безопасности, разработанным в полном соответствии с проводимой компанией политикой безопасного мореплавания. Однако, несмотря на серьезные системные подходы, на море по-прежнему происходят аварии, и частота их не снижается. Анализ статистики мирового флота показывает, что аварии и катастрофы, обусловленные повреждениями судовых корпусов, занимают, после навигационных, лидирующее место.

Как правило, возникновению опасных ситуаций предшествует фаза накопления дефектов в корпусных конструкциях. Внешние признаки их проявления чаще всего скрыты от визуального наблюдения. Возникающие повреждения практически всегда недоступны для диагностирования, дефектации и ликвидации их в рейсе. Сам процесс разрушения корпусных конструкций в условиях волновых нагрузок скоротечен.

Постановка вопроса своевременного распознавания предпосылок угроз, и решение задач по принятию упреждающих мер противодействия опасности представляют интерес, как с практической, так и с научной точек зрения. Целью работы является обоснование направления совершенствования систем диагностического контроля судовых корпусов.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ.

В [1] исследовано влияние деформации корпуса судов, возникающей при проведении грузовых операциях и при плавании в условиях волнения, на долговременную прочность корпусных конструкций. Установлено, что:

- контроль локального угла крена должен проводиться более чем в двух характерных точках (рис. 1);

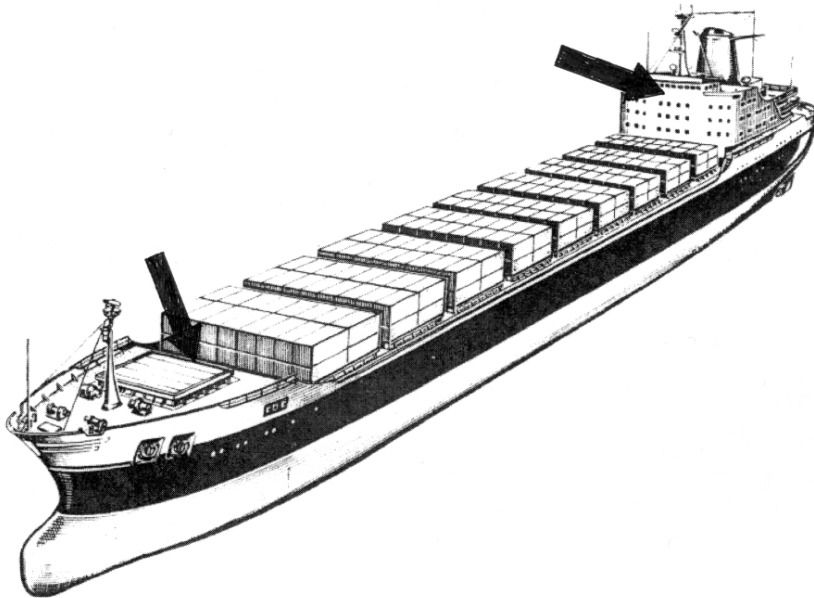


Рис. 1. Характерные точки установки средств контроля деформаций судового корпуса

- использование традиционных средств оперативного контроля угла крена сопряжено с недостаточной чувствительностью и точностью измерительных средств, а также с влиянием на измерительные преобразователи (ИП) и линии связи негативных эксплуатационных факторов.

Низкий уровень достоверности ныне применяемого долгосрочного прогноза технических состояний судовых энергетических установок, обеспечиваемый стандартными судовыми диагностическими средствами (СТД), вынуждает искать направление новых путей совершенствования систем диагностического контроля.

Одно из направлений развития предполагает использование в СТД превентивных методов диагностики и основано на расширении диапазона частот контролируемой вибрации, усложнением методов ее анализа и увеличением числа точек контроля [2].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.

В условиях внедрения превентивных методов диагностики наиболее рациональным представляется использование элементной и методологической базы волоконной оптики [3]. Волоконно-оптические датчики обладают высокой чувствительностью к широкому кругу физических величин. Основным конструктивным элементом волоконных измерительных устройств и линий связи – волоконный световод нечувствителен к влиянию электромагнитных помех. Он выполняется из химически инертного кварцевого стекла, поэтому хорошо работает в условиях агрессивного воздействия внешней среды, что обеспечивает долговечность волоконно-оптических датчиков и информационно-измерительных систем на их основе. Волоконные световоды термоустойчивы, пожаробезопасны, обладают низким удельным весом и высокой эластичностью. Особо привлекательными для задач диагностирования

корпусных конструкций может быть использование волоконно-оптических гироскопов (ВОГ). В основе интерференционных нерезонансных схем ВОГ лежит схема волоконного кольцевого интерферометра Саньяка (рис. 2). В этой конструкции замкнутый оптический контур образован многовитковой катушкой оптического волокна. В качестве источника используется лазерный диод, излучение которого разделяется на два луча с помощью полупрозрачного светоделителя. Лучи направляются в противоположные ветви контура, образуя встречной бегущие потоки.

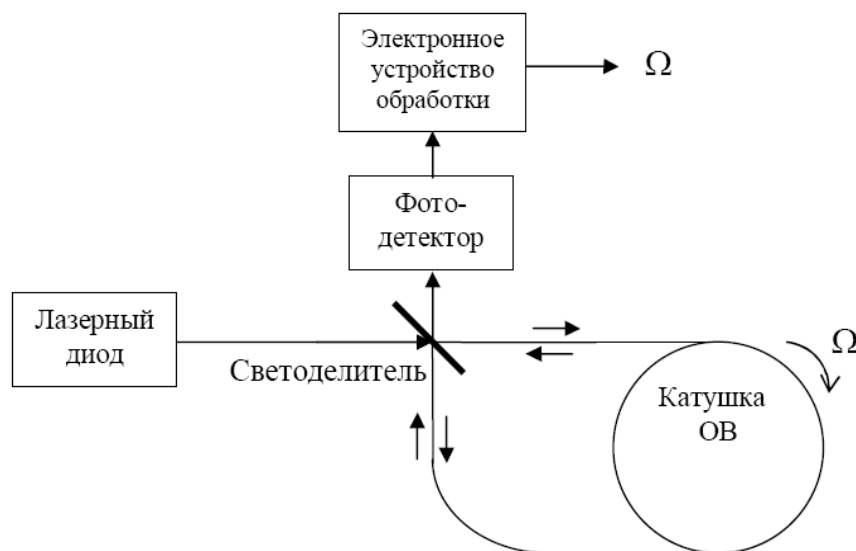


Рис. 2. Принципиальная схема волоконно-оптического гироскопа

Два встречных луча, обошедшие контур в противоположных направлениях, рекомбинируют на светоделителе и смешиваются в фотодетекторе.

Сигнал с выхода ВОГ поступает на фотоприемник, электрический ток которого пропорционален числу квантов падающего света – интенсивность излучения, является квадратичным детектором оптического поля. При выполнении условия интерференции результирующее колебание на выходе интерферометра записывается в виде

$$u = \left[A_1 \exp\left\{i\left(\omega t - \frac{\Phi_S}{2}\right)\right\} + A_2 \exp\left\{i\left(\omega t + \frac{\Phi_S}{2}\right)\right\} \right]^2, \quad (1)$$

где: $\omega = 2\pi\nu$, ν – оптическая частота;

A_1, A_2 – амплитуды колебаний встречных волн на выходе ВОГ;

Φ_s – фаза Саньяка, при условии, что начальная фаза колебаний равна нулю.

Тогда интенсивность излучения на фотодетекторе

$$I = uu^* = A_1^2 + A_2^2 + 2 A_1 A_2 \cos(\varphi_1 - \varphi_2). \quad (2)$$

Обозначив интенсивность излучения на выходе лазерного диода I_0 , и полагая, что светоделиитель разделяет энергию точно поровну, имеем

$$I = 0,5 I_0 (1 + \cos \Delta(\varphi)) \quad (3)$$

Электронное устройство обработки измеряет разность фаз $\Delta\varphi$ и, следовательно, угловую скорость объекта Ω , на котором закреплен контур. Интегрирование измеренного сигнала дает точное значение угла поворота объекта [4, 5].

ВЫВОДЫ.

На основании анализа механизма определения угла поворота в ВОГ, особенностей конструктивного исполнения и результатов предварительного этапа исследований были сделаны следующие выводы:

- для диагностирования судовых корпусов использовать только распределенную систему, состоящую из ВОГ (рис. 3);

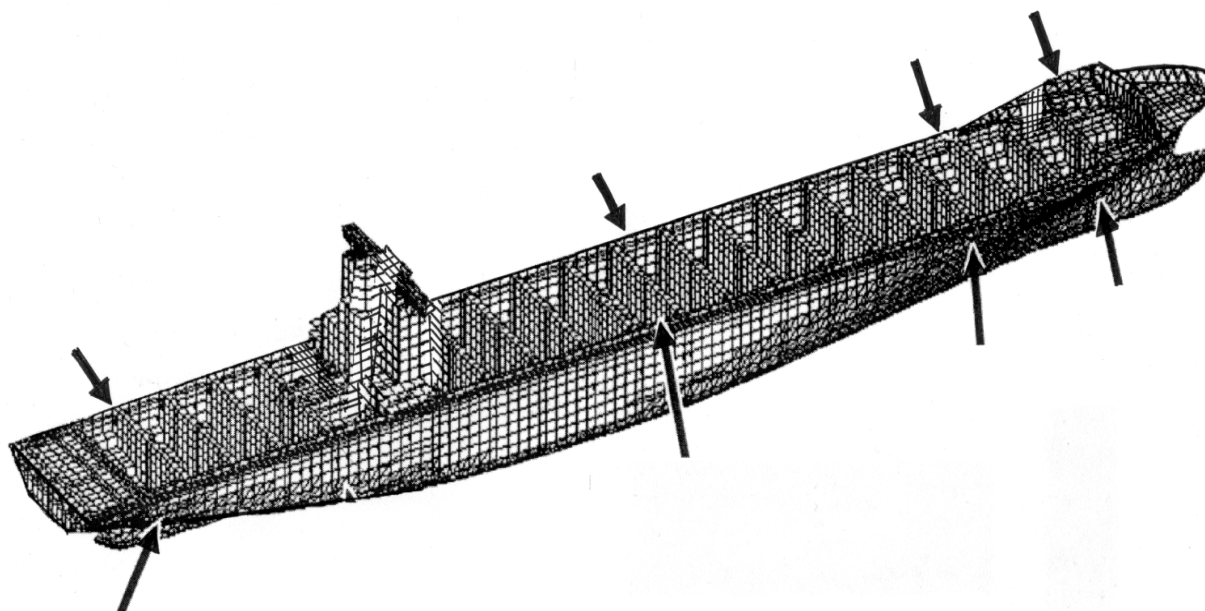


Рис.3. Рекомендуемые точки установки ВОГ распределенной системы диагностики судового корпуса

- на ветвях одного шпангоута устанавливать парные ВОГ;
- использовать управляемые оптические переключатели для сравнения углов отклонения как между ВОГ одного борта, так и парных ВОГ разных бортов.

Такая конфигурация диагностической системы позволит контролировать в реальном масштабе времени не только продольные, но и поперечные деформации корпусных конструкций (рис. 4).

Результаты модельных испытаний такой системы позволяют говорить о принципиальной возможности применения ВОГ для решения задач диагностирования и мониторинга судовых корпусов.

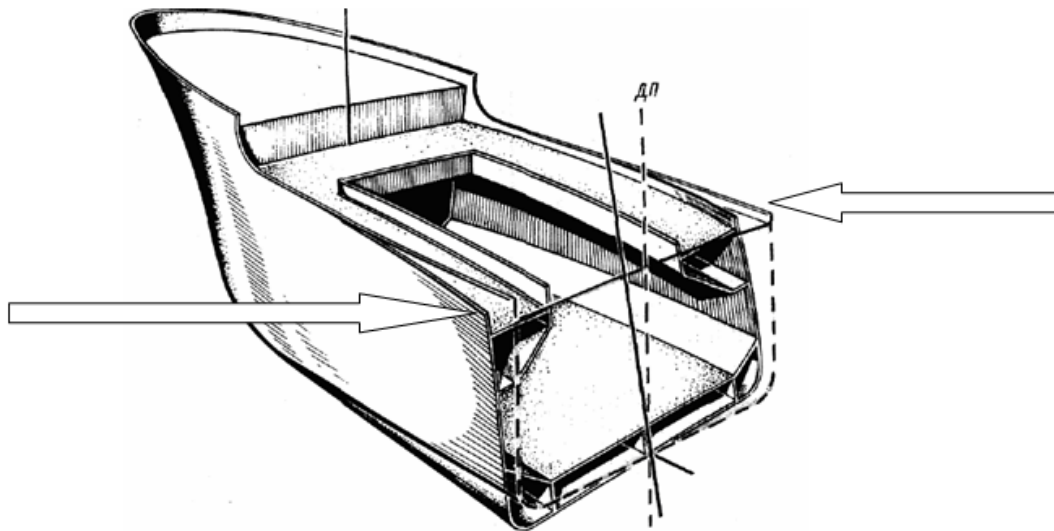


Рис.4. Рекомендуемые точки установки парных ВОГ

ЛИТЕРАТУРА

1. Москаленко М. А. Методологические основы обеспечения конструктивной безопасности морских судов. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. Владивосток – 2006.
2. Коллакот Р.А. Диагностирование механического оборудования: Пер. с англ.- Л.: Судостроение, 1980.-296 с.
3. Андропова А.И., Малыкин Г.Б. Физические проблемы волоконной гироскопии на эффекте Саньяка. // ИФН. 2002. 172. №8. С. 849 - 870.
4. Модуляция сигнала в волоконно-оптическом гироскопе. Буданова, А.Ю., Неронова, Е.О.
5. Шереметьев А.Г. Волоконный оптический гироскоп. М.: Радио и связь, 1987.-152 с.

ВОЛОКОННО-ОПТИЧНІ ПРИЛАДИ КОНТРОЛЮ ДЕФОРМАЦІЙ КОРПУСНИХ КОНСТРУКЦІЙ

А.К. Сандлер, О.В. Дрозд
Резюме

Розглянуто шляхи удосконалення систем діагностичного контролю суднових корпусів. Пропонується використання діагностичної системи розподілу з волоконно-оптичним гіроскопом.

FIBRE - OPTICAL DEVICES FOR MONITORING DEFORMATIONS OF THE SHIP'S HULL

A. Sandler, H. Drozd
Summary

Considered are the ways of improving systems for diagnostic monitoring of ship's hulls. It's offered to use a diagnostic distributed system with fibre-optical gyroscope.