**РАЗРАБОТКА БЛОКА ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА КРУТИЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ СУДОВОГО ВАЛОПРОВОДА**

**Ибадуллаев Адель Дамирович**

Студент

ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет»

**Аннотация:** Крутильные колебания в совокупности с другими техническими факторами остаются одной из причин повреждений и поломок судовых гребных, промежуточных и коленчатых валов. Для снижения крутильных колебаний применяют демпферы, которые требуют периодической проверки на работоспособность при помощи процедуры торсиографирования. В отличие от существующих схем контроля технического состояния демпфера предполагается установить блок обработки информации для программно-аппаратного комплекса системы мониторинга крутильных колебаний судового валопровода.

**Ключевые слова:** система мониторинга, крутильные колебания, судовые энергетические установки.

**DEVELOPMENT OF AN INFORMATION PROCESSING UNIT FOR THE SOFTWARE AND HARDWARE COMPLEX OF THE SHIP'S SHAFT LINE TORSIONAL VIBRATION MONITORING SYSTEM**

**Ibadullaev Adel Damirovich**

**Abstract:** Torsional vibrations in combination with other technical factors remain one of the causes of damage and breakdowns of ship's propeller, intermediate and crankshafts. To reduce torsional vibrations, dampers are used, which require periodic performance checks using the torsiography procedure. In contrast to the existing schemes for monitoring the technical condition of the damper, it is planned to install an information processing unit for the software and hardware complex of the ship's shaft line torsional vibration monitoring system.

**Keywords:** monitoring system, torsional vibrations, ship power plants.

Существующая в настоящее время система технической эксплуатации судовых главных энергетических установок (ГЭУ) сформирована в соответствии с правилами Российских и зарубежных классификационных обществ и контролирующих органов и направлена на обеспечения безопасности мореплавания и безаварийной эксплуатации судов. Одно из явлений, неизбежно возникающее при работе ГЭУ, являются крутильные колебания, которые могут привести к разрушению элементов судового машинно-движительного комплекса, аварии и даже гибели судна. Крутильные колебания – «колебательные угловые деформации (скручивание) валопровода при вращении», согласно ГОСТ Р ИСО 3046-5-2004. Крутильные колебания возникают в судовых установках неизбежно, что связано с неравномерностью крутящего момента двигателя и момента на гребном винте (обнажение гребного винта, неравномерность движения потока воды, штормовые условия и т.д.), что приводит к знакопеременному скручиванию вала. При развитии таких колебаний и совпадении частот свободных и вынужденных колебаний амплитуды возрастают до значительных величин, что при длительной работе судового машинно – движительного комплекса (МДК) на данном режиме может вызвать возникновение усталостных трещин и разрушение валов и отдельных элементов валопровода. Характерный признак поломки валов от крутильных колебаний - это разрушение под углом 450 и особая структура металла в районе разлома. Многие специалисты отмечают, что на валопровод воздействуют комплексно и крутильные и поперечные колебания, вибрации и ударные нагрузки от волнения, но большую часть на соответствующих резонансных частотах дают именно крутильные колебания. Российский морской регистр судоходства (РМРС) рекомендует проводить испытания ГЭУ на крутильные колебания через каждые 15 000 часов работы, однако, как показывает практика, надежность устройств, снижающих крутильные колебания до безопасного уровня, сохраняется иногда до 90 000 часов работы. Таким образом, судовладельцы часто несут затраты на проведение испытаний, которые фактически не требуются, но регламентируются контролирующими органами. Значительно снизить данные затраты поможет специализированная система удаленного мониторинга технического состояния ГЭУ по крутильным колебаниям.

Системы контроля технического состояния демпферов крутильных колебаний:

- Торсиографирование (измерение крутильных колебаний);

- Вскрытие и оценка технического состояния деталей демпферов;

- Анализ химических и физических свойств жидкости наполнителя демпфера.

В отличие от существующих схем контроля технического состояния демпфера предполагается установить блок обработки информации для программно-аппаратного комплекса системы мониторинга крутильных колебаний судового валопровода и параметров, связанных с ними – вибрации и температуры гибких элементов соединительных муфт. Эта установка позволит постоянно контролировать уровень крутильных колебаний и в случае их повышения сигнализировать судовому механику о необходимости перехода на другой режим работы главного двигателя, что повысит надёжность и автоматизацию СЭУ, безопасность мореплавания и сокращение экономических расходов на эксплуатацию судов.

Предлагаемое решение представляет собой программируемый контроллер, программное обеспечение и блоки передачи, хранения, ввода и отображения информации и других.

В ФГБОУ ВО «АГТУ» действует испытательный центр «Marine Technology Service» (аккредитованный Российским морским регистром судоходства), занимающийся торсиографированием машинно-движительных комплексов судов, что может обеспечить формирование маркетинговой базы для продвижения продукта. В ИЦ «MTS» ФГБОУ ВО «АГТУ» освидетельствовано около 170 судов для 80 судовладельческих компаний.

Перспектива коммерциализации продукта основана на большом объеме рынка - только морских судов в России, в которых крутильные колебания в обязательном порядке контролируется, составляет около 1130 штук. Объем рынка нами оценивается в 275 млн. рублей исходя из средней стоимости системы 250 000 000 рублей, количества морских судов на которых требуется установка система в 1000 шт. и 10% стоимость сервисных услуг по настройке системы. Стоимость блока обработки рассчитывается нами в пределах 150 000 рублей.

Научная новизна проекта заключается в получении большого количества новых данных по крутильным колебаниям, что позволит применять блок не только для контроля напряжений в валах, но и для контроля вибрации в валопроводах, а также, температуры гибких муфт.

Блок предполагается сделать более универсальным, чем имеющиеся аналоги по типу подключаемых датчиков – с возможностью подключения индуктивных, лазерных и тензометрических датчиков, а также, инфракрасных температурных датчиков и вибрационных. При периодических торсиографированиях для оценки технического состояния демпферов мы не учитываем возможные сложные условия реальной эксплуатации – узкости, мели, ледовые условия, которые повышают крутильные колебания в судовых валопроводах. Кроме того, перспектива создания безэкипажных судов интересна внедрением блока автоматического управления режимом ДВС при опасности повреждения валопровода от крутильных колебаний.

Наиболее близким конкурентом в данное время для нашего проекта являются блоки систем австрийской компании «Geislinger» и норвежской «MetaPower», но они имеют ряд недостатков: высокую стоимость и необходимость установки дополнительных элементов, у конкурентов нет присутствия в России.

Техническая значимость нашего проекта заключается в использовании элементов отечественного производства, система будет универсальной по виду применяемых датчиков, с возможностью измерения амплитуды колебаний, мощности, крутящего момента, частоты вращения и других параметров. Система будет передавать информацию в машинное отделение, на центральный пост и на берег в технический отдел судовладельца. Основное назначение системы - это обеспечение безопасности мореплавания и снижения аварий. Кроме того, мы предполагаем разработку вопросов применения подобных блоков на безэкипажных судах, тестовое испытание которых планируется МИНТРАНСОМ РФ уже в 2021 году.

Имеющиеся сейчас такие системы на судах немногочисленны, не имеют полноценной функциональности по диагностике и полностью зарубежного производства. Наличие практических и научных российских разработок отдельных блоков такой системы, в условиях программы «импортозамещения», может, в конечном итоге, привести к созданию отечественного аналога.

В заключении хочу уточнить, что создание и внедрение отечественных элементов систем автоматики на судах сейчас является очень актуальной и не только тактической, но и стратегической задачей.

**Список литературы**

1. Покусаев М.Н. Демпфирование крутильных колебаний в валах судовых дизелей: моделирование, экспериментальные и натурные исследования. Автореферат диссертации на соискание учёной степени д.т.н. - Астрахань, 2005. – 40 с.

2. Сибряев К.О. Использование маховиков – демпферов для гашения крутильных колебаний судовых валопроводов. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Астрахань, 2008. – 24 с.

3. Российский морской регистр судоходства. Правила классификации и постройки морских судов. Часть VII. Механические установки. НД №2-020101-124, СП-б. 2020. – 106 с. (электронное издание).

4. Российский морской регистр судоходства. Правила классификации и постройки морских судов. Часть IX. Механизмы. НД №2-020101-124, СП-б. 2020. – 181 с. (электронное издание).

5. РТМ 31.5027-77. Крутильные колебания судовых валопроводов. Общие требования к проведению измерений. М.: Рекламинфомбюро ММФ, 1977. - 12 с.

6. ГОСТ 26046-83. Установки судовые. Общие требования к испытаниям на крутильные колебания (дата последнего изменения 13.07.2017 г.). М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1983. – 14 c.

7. Российский морской регистр судоходства. Приложения к руководству по техническому наблюдению за судами в эксплуатации. НД №2-030101-009. СП-б, 2020. – 321 с. (электронное издание).

8. ГОСТ Р ИСО 3046-5-2004. Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Характеристики. Часть 5. Крутильные колебания. М.: ИПК Изд-во стандартов, 2004. – 7 с.

9. Сергеев К.О. Оценка погрешности при дискретном измерении крутильных колебаний судовых валопроводов // Сборник материалов 11 сессии международной научной школы. - СП-б: «Art - Xpress», 2013. с. 155 – 159.

10. Мартьянов В.В. Метод оценки и прогнозирования виброактивности элементов пропульсивного комплекса пассажирских судов на основе расчёта крутильных колебаний: автореф. дис. канд. техн. наук. – СПб, 2017. – 21 с.

11. Ефремов Л.В. Теория и практика исследования крутильных колебаний силовых установок с применением компьютерных технологий / Л.В. Ефремов. – СПб.: Наука, 2007. – 276 с.

12. Geislinger Monitoring System. Catalog, 2013 – 27 p.

© А.Д. Ибадуллаев, 2021