

Виноградов А.В., Цомаев М.З., Щепкин Е.В.
ФГУП «Крыловский государственный научный центр», Санкт-Петербург, Россия

ПРИМЕНЕНИЕ БОРТОВОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ СОБСТВЕННЫХ ШУМОВ В ОБТЕКАТЕЛЕ АНТЕННЫ ГАС

Изложен опыт применения во время сдаточных акустических испытаний современного отечественного надводного корабля штатно установленного на нем бортового измерительного информационного комплекса (ИИК) типа М052, представляющего собой разветвленную многоканальную систему для комплексного измерения и оперативного анализа различных виброакустических характеристик корабля. На акустических испытаниях (в частности, для измерений собственных акустических шумов в камере обтекателя носовой антенны гидроакустической станции) на надводном корабле подобный измерительный комплекс был применен впервые.

Рассмотрены характерные особенности применения ИИК, отличные от использовавшихся ранее способов измерения и анализа виброакустических характеристик корабля. Описаны строение комплекса, методика его использования, приводятся достоинства и недостатки применения ИИК, а также перспективы его дальнейшего развития.

Ключевые слова: корабль надводный, сдаточные испытания, измерительный информационный комплекс, камера обтекателя, гидроакустическая станция, собственные шумы.

Автор заявляет об отсутствии возможных конфликтов интересов.

Для цитирования: Виноградов А.В., Цомаев М.З., Щепкин Е.В. Применение бортового измерительного комплекса для измерения собственных шумов в обтекатель антенны ГАС. Труды Крыловского государственного научного центра. 2018; специальный выпуск 1: 109–113.

УДК 534-14+681.88

DOI: 10.24937/2542-2324-2018-1-S-I-109-113

Vinogradov A., Tsomaev M., Shepkin Ye.
Krylov State Research Centre, St. Petersburg, Russia

APPLICATION OF ONBOARD INSTRUMENTATION SYSTEM FOR SELF-NOISE MEASUREMENTS IN SONAR DOME

This paper describes the experience of commissioning acoustic tests of a modern Russian surface ship using her standard onboard instrumentation system Type M052: a ramified multi-channel system for integrated measurement and express analysis of various vibroacoustic parameters of ship. This is the first experience of applying this instrumentation system during acoustic tests (in particular, for self-noise measurements in sonar dome).

The paper discusses typical peculiarities of applying this instrumentation system different from previous vibroacoustic measurement and analysis methods. The paper describes components of this instrumentation system and its application procedure (taking into account its advantages and drawbacks), as well as prospects of its further development.

Key words: surface ship, commissioning tests, instrumentation system, sonar dome, sonar, self-noise.

Author declares lack of the possible conflicts of interests.

For citations: Vinogradov A., Tsomaev M., Shepkin Ye. Application of onboard instrumentation system for self-noise measurements in sonar dome. Transactions of the Krylov State Research Centre. 2018; special issue 1: 109–113 (in Russian).

UDC 534-14+681.88

DOI: 10.24937/2542-2324-2018-1-S-I-109-113

Общие положения

General

Уровни и пространственно-частотные характеристики собственных шумов могут являться помехой работе гидроакустических средств и представляют собой основные физические связующие параметры системы носитель – гидроакустическая станция (ГАС), от ко-

торых зависит как эффективность самой работы ГАС, так и выполнение поставленных перед носителем задач в целом. Поэтому еще на этапе проектирования корабля производится расчет прогнозируемых уровней собственных шумов в местах расположения приемников ГАС. На основании результатов этих расчетов формулируются требования к уровням собственных



шумов. Фактически измеренные уровни шумов должны удовлетворять установленным требованиям. При проведении сдаточных испытаний головных и первых серийных кораблей проводятся измерения собственных шумов в камере обтекателя носовой антенны ГАС для определения соответствия их значений требованиям спецификации.

До последнего времени при измерениях собственных шумов в камере обтекателя носовой антенны ГАС на надводных кораблях использовались ненаправленные гидрофоны, которые временно устанавливались на период проведения сдаточных испытаний в камере обтекателя специалистами ФГУП «Крыловский государственный научный центр» совместно с представителями завода-строителя и бюро-проектанта корабля.

Метод измерения собственных шумов в камере обтекателя носовой антенны ГАС с помощью устанавливаемых в камере ненаправленных гидрофонов используется в качестве дополнительного вида измерений, а для некоторых проектов кораблей – как альтернатива измерениям, выполняемым непосредственно самой антенной ГАС. Такой метод позволяет исключить влияние на результат измерений возможных собственных шумов и наводок, создаваемых работой ГАС.

После установки гидрофонов в камере обтекателя носовой антенны ГАС в непосредственной близости от них размещался измерительный пост. При таком методе измерений технически возможно было осуществить регистрацию только сигналов с гидрофонов. В части измерения непосредственно самого уровня собственных шумов достаточно одних только гидрофонов, однако совершенно недостаточно в случае необходимости поиска возможных источников повышенных уровней собственных шумов. Для этого необходимо рассматривать виброакустические характеристики (ВАХ) наиболее вероятных источников, создающих звуковое поле в камере обтекателя. Опыт проведения сдаточных испытаний показывает, что такими источниками, как правило, могут быть:

- основные виброактивные механизмы, такие как дизель-генераторы и главные двигатели;
- механизмы, обеспечивающие работу ГАС, расположенные вблизи приемных элементов антенны;
- гребные винты.

Наиболее эффективным способом оценки влияния возможных источников и определения их вклада в звуковое поле в камере обтекателя является синхронная обработка сигналов – с гидрофонов в камере обтекателя и с вибродатчиков, установленных на возможных источниках. Для этого необходима синхронная регистрация сигналов с датчиков в различных точках

наблюдения, что требует установки нескольких измерительных постов и их синхронизации. Это, в свою очередь, требует привлечения большого количества операторов и оборудования. Но даже в случае размещения на корабле сразу нескольких измерительных постов организация синхронных записей сигналов с постов, разнесенных иногда по всей длине корабля, по-прежнему остается непростой задачей.

Кроме того, после окончания сдаточных испытаний корабля гидрофоны из камеры обтекателя антенны ГАС и весь временно установленный на корабле измерительный тракт демонтируются, что не позволяет в дальнейшем ни повторить измерения, ни сравнить имеющиеся результаты с результатами, полученными в процессе эксплуатации ГАС.

Рассматриваемый в настоящей статье измерительный информационный комплекс, впервые установленный на надводном корабле в качестве штатно размещенного на нем бортового средства измерения ВАХ, позволяет не только решить проблему централизованного синхронного сбора сигналов с различных датчиков по всему кораблю, но и оперативно выявлять возможные источники повышенных значений собственных акустических шумов в камере обтекателя и количественно оценивать их вклады в уровни шумов. Также ИИК позволяет в процессе эксплуатации корабля и при проведении периодических регламентных проверок выполнять самоконтроль собственных шумов и ВАХ основного виброактивного оборудования.

На рис. 1 в упрощенном виде показана схема размещения измерительной системы по всему кораблю. Помимо гидрофонов в камере обтекателя, на схеме изображены вибродатчики, установленные на основных возможных источниках повышенных уровней шумов в камере обтекателя.

Следует отметить, что за рубежом также разработаны подобные системы акустического самоконтроля для установки на различные типы кораблей (с подробным описанием системы SNMS (Self-noise Monitoring System) разработки датской фирмы Bruel & Kjaer можно ознакомиться в [1]).

Назначение, состав и устройство измерительного комплекса

Purpose, components and structure of Instrumentation system

ИИК в базовом варианте исполнения представляет собой разветвленную многоканальную измерительную информационную систему, предназначенную для измерения, контроля, анализа, обработки и ре-

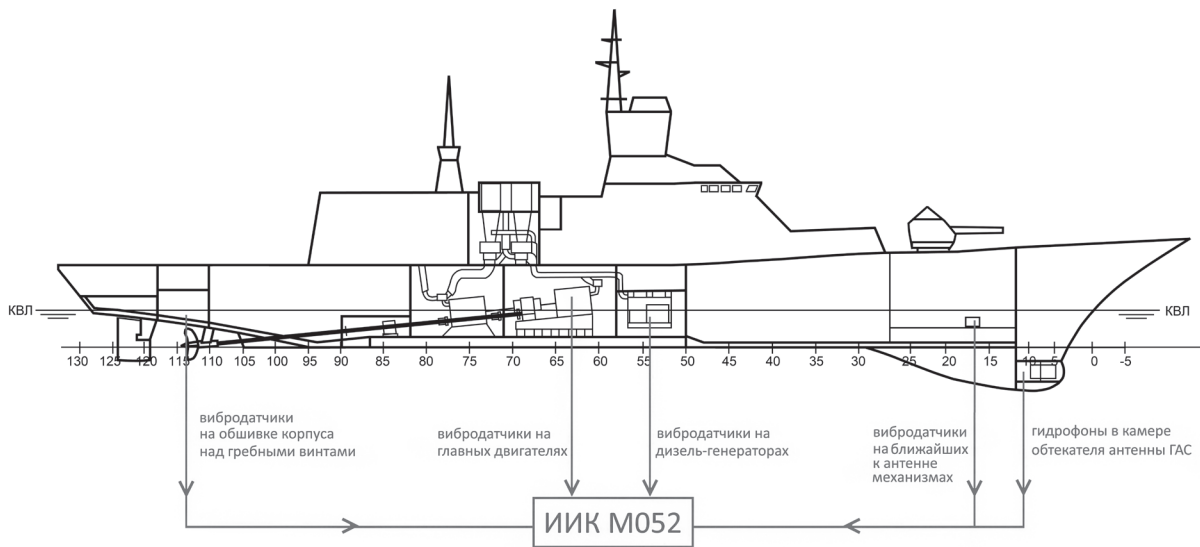


Рис. 1. Схема размещения измерительного информационного комплекса М052 на надводном корабле

Fig. 1. Arrangement of M052 instrumentation system aboard surface ship

гистрации ВАХ оборудования и механизмов, а также акустического давления в воздушной и водной среде.

В состав комплекса входят:

- первичные измерительные преобразователи (ПИП), в качестве которых используются вибродатчики и гидрофоны;
- предварительные усилители;
- блоки коммутации;
- блок преобразования, управления, обработки и анализа измерительной информации.

ПИП группируются по измерительным постам. Максимальное количество ПИП в одном измерительном poste – 16.

Версия комплекса, которая была установлена на испытуемом надводном корабле, в первую очередь была предназначена для определения уровней собственных шумов в камере обтекателя носовой антенны ГАС и выявления источников превышения уровней собственных шумов над требованиями спецификации.

Данный комплекс в силу решаемых задач состоит из одного измерительного поста, включающего в себя 16 ПИП – 4 ненаправленных ГФ, установленных в камере обтекателя носовой антенны ГАС, и 12 вибродатчиков, установленных на основных виброактивных механизмах и корпусных конструкциях. Структурная схема ИИК представлена на рис. 2.

В комплект ИИК входит один измерительный пост, включающий в себя:

- 16 ПИП, в числе которых 12 вибродатчиков и 4 ненаправленных гидрофона, сгруппированные по четыре штуки для подключения каждой группы к соответствующему предварительному усилителю;
- предварительные усилители – 4 шт.;
- коммутатор измерительных каналов – 1 шт.;
- блок управления, обработки и отображения измерительной информации – 1 шт.

Предварительные усилители представляют собой отдельные блоки, к каждому из которых подключены вибродатчики или гидрофоны. Предварительные усилители собраны в группы по четыре штуки и подключены к входам коммутатора.

Коммутатор представляет собой блок коммутации аналоговых сигналов измерительной информации с встроенным источником питания предварительных усилителей и под управлением команд, поступающих по единой магистрали от устройства управления и анализа, обеспечивает коммутацию усиленных сигналов от ПИП и передачу измерительной информации в устройство управления и анализа.

Устройство управления и анализа, выполненное на базе анализатора спектра, осуществляет управление режимами работы измерительных каналов ИИК, обработку измерительной информации и ее отображение.

Кроме того, предусмотрена возможность подключения к ИИК с помощью технологического ка-

беля внешнего регистрирующего устройства для записи аналоговых сигналов с любого ПИП.

Штатное программное обеспечение (ПО) комплекса обеспечивает выполнение обработки сигналов в частотной и временной областях.

Также в ИИК предусмотрены возможности:

- выполнения тест-контроля работоспособности функциональных блоков и узлов аппаратуры ИИК;
- периодических проверок измерительных каналов без демонтажа ПИП. Для этого предусмотрен специальный режим «Проверка», который запускает тестовый генератор и анализирует полученные от ПИП сигналы на соответствие установленным параметрам.

Специально для использования ИИК на надводном корабле для измерений собственных шумов Крыловским государственным научным центром в дополнение к штатному ПО комплекса было разработано специальное ПО, предназначенное для измерений уровней собственных шумов, а также выявления источников повышенных уровней шумов и определения их вклада.

Разработанное ПО позволяет дополнительно:

- определять уровни собственных шумов в камере обтекателя носовой антенны ГАС в частотном диапазоне работы ГАС;
- выявлять корабельные механизмы, дающие наибольший вклад в уровни собственных шумов в частотном диапазоне работы ГАС;
- выявлять влияние шумоизлучения от работы гребных винтов на собственные шумы в частотном диапазоне работы ГАС;
- вести базу данных по измерениям.

Для определения механизмов, дающих наибольший вклад в уровни собственных шумов в камере обтекателя в полосе частот работы ГАС, используется алгоритм, основанный на взаимно-спектральной обработке сигналов (рассчитываются и сравниваются между собой когерентные мощности) с вибродатчиков, установленных на лапах контролируемых механизмов и корпусных конструкциях и сигналов с гидрофонов в камере обтекателя.

Для определения влияния работы гребных винтов на звуковое поле в камере обтекателя рассчитываются спектры амплитудных огибающих сигналов вибрации от вибродатчиков, расположенных на обшивке корпуса в районе гребных винтов, и сигналов звукового давления с гидрофонов в камере обтекателя. При наличии в спектрах огибающих сигналов вибрации и звукового давления дискретных составляющих с частотами, соответствующими оборотным

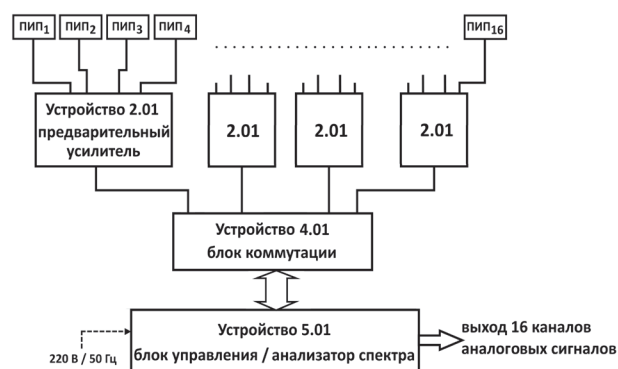


Рис. 2. Структурная схема измерительного информационного комплекса

Fig. 2. Components of Instrumentation system

и лопастным частотам вращения гребных винтов, делается заключение об их связи с вращением гребных винтов. При этом наличие в спектрах амплитудных огибающих сигналов составляющей, соответствующей лопастной частоте вращения гребного винта, может говорить о влиянии на шум в камере обтекателя кавитационных явлений на лопастях гребных винтов.

Результаты измерения собственных шумов с помощью измерительного комплекса

Self-noise measurement data obtained by Instrumentation system

В процессе сдаточных испытаний корабля измерения собственных шумов с помощью ИИК были выполнены на большом количестве стояночных и ходовых режимов. По результатам работы комплекса в режимах функционирования его специального ПО непосредственно в ходе испытаний были определены:

- уровни собственных шумов;
- основные наиболее виброактивные механизмы, дающие наибольший вклад в уровни шумов в полосе частот работы ГАС;
- влияние работы гребных винтов на шум в камере обтекателя.

По результатам работы ПО комплекса в режиме определения механизма, дающего наибольший вклад в уровни собственных шумов в частотном диапазоне работы ГАС, было установлено, что на стояночных режимах такими механизмами являются дизель-генераторы. При движении корабля на малых и средних скоростях хода наибольший вклад, наряду с дизель-генераторами, вносят также и главные двигатели. А на самых больших скоростях хода на уровни

собственных шумов оказывает влияние кавитационное шумоизлучение гребных винтов. Работа ПО комплекса в режиме «Вклад гребных винтов» показала, что составляющие, соответствующие лопастной частоте вращения гребного винта, наблюдаются только на режимах движения с достаточно большими скоростями хода.

Основные итоги использования измерительного комплекса

Main results of Instrumentation system application

Использование стационарного бортового измерительного комплекса на надводном корабле предоставляет возможность централизованной синхронной записи, а также оперативной обработки сигналов с датчиков, расположенных по всему кораблю – от вибрации обшивки корпуса над гребными винтами до звукового давления в камере обтекателя носовой антенны ГАС, что позволяет выполнять комплексный анализ наблюдаемых явлений.

Учитывая то, что данный комплекс устанавливается на надводном корабле в качестве именно стационарного средства измерения, появляется также возможность в дальнейшем повторять измерения ВАХ корабля и сравнивать между собой полученные в разные периоды времени результаты.

В качестве дальнейшего развития ИИК возможны:

- реализация взаимодействия комплекса с другими штатными системами корабля с целью получения от них в режиме реального времени для оперативного отображения и регистрации параметров движения корабля, таких как скорость хода, частота вращения гребных винтов, курс и др.;
- увеличение количества измеряемых механизмов и добавление ИИК вибродиагностических функций с целью его использования для контроля технического состояния механизмов;

- совершенствование аппаратной составляющей комплекса, а именно переход на ПИП с цифровым выходным сигналом с целью повышения помехоустойчивости измерительного тракта.

Библиографический список

References

1. Корабельная система акустического самоконтроля // Дайджест зарубежной прессы. ВМС и кораблестроение. 2017. № 82. С. 106–108. [Onboard system of acoustic self-monitoring for ships // Digest of foreign press. Navy and shipbuilding. 2017; 82: 106–8. (in Russian)].
2. Комплекс измерительный информационный M052.01. Назначение и область применения [Электрон. ресурс] / Сайт АО «МЭРА». URL: http://mera.spb.ru/?page_id=111 (дата обращения 01.10.2017). [M052.01 instrumentation system. Purpose and application. Web site of JSC Mera (in Russian)].

Сведения об авторах

Виноградов Андрей Владимирович, начальник стенда ФГУП «Крыловский государственный научный центр». Адрес: 196158, Россия, Санкт-Петербург, Московское шоссе, д. 44. Тел.: 8 (812) 415-45-47; E-mail: petersaint@yandex.ru.

Цомаев Максим Заурбекович, инженер 1 категории ФГУП «Крыловский государственный научный центр». Адрес: 196158, Россия, Санкт-Петербург, Московское шоссе, д. 44. Тел.: 8 (812) 415-45-47; E-mail: petersaint@yandex.ru.

Щепкин Евгений Викторович, инженер 1 категории ФГУП «Крыловский государственный научный центр». Адрес: 196158, Россия, Санкт-Петербург, Московское шоссе, д. 44. Тел.: 8 (812) 415-45-47; E-mail: petersaint@yandex.ru.

About the authors

Vinogradov A., Test Rig Manager, Krylov State Research Centre. Address: Moskovskoye sh. 44, St. Petersburg, Russia, 196158. Tel.: 8 (812) 415-45-47; E-mail: petersaint@yandex.ru.

Tsomaev M., 1st Category engineer, Krylov State Research Centre. Address: Moskovskoye sh. 44, St. Petersburg, Russia, 196158. Tel.: 8 (812) 415-45-47; E-mail: petersaint@yandex.ru.

Shepkin Ye., 1st Category engineer, Krylov State Research Centre. Address: Moskovskoye sh. 44, St. Petersburg, Russia, 196158. Tel.: 8 (812) 415-45-47; E-mail: petersaint@yandex.ru.

Поступила / Received: 14.03.18
Принята в печать / Accepted: 18.04.18
© Коллектив авторов, 2018

