

УДК 661.26

А.С. Чирикалов

*Севастопольский военно-морской институт имени П.С. Нахимова, Севастополь*

## **МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК АКУСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ РАБОТАЮЩИХ МЕХАНИЗМОВ СИСТЕМ КОРАБЕЛЬНЫХ АРТИЛЛЕРИЙСКИХ УСТАНОВОК**

*В статье предлагается методика определения характеристик акустических сигналов от работающих механизмов корабельных артиллерийских установок, функционирующих по жесткой циклограмме работы, на примере АК-176. В качестве диагностического признака изменения технического состояния систем КАУ рассматривается акустический шум работающих механизмов систем КАУ.*

**Ключевые слова:** акустический сигнал, метод кратковременного анализа сигналов, корабельные артиллерийские установки.

### **Введение**

**Постановка проблемы.** В рассматриваемый период времени в Вооруженных Силах Украины (ВСУ) большое количество технических средств военного назначения находится в состоянии выработки ресурса, предусмотренного эксплуатационно-технической документацией. При эксплуатации военной техники одной из важнейших задач обеспечения их эффективного применения является поддер-

жание требуемого уровня надежности, что при существующих трудностях обеспечения и снабжения подразделений ВСУ является одной из первостепенных технических проблем.

Одним из перспективных направлений решения данной проблемы является внедрение автоматизированных систем контроля технического состояния контролируемого объекта и информационной поддержки оператора.

При проведении поиска неисправностей в механических частях сложных технических систем основное время (до 70%) тратится на установление характера и локализацию отказа, а также на административные действия [1]. В настоящее время из-за отсутствия подобных систем все перечисленные операции при эксплуатации и ремонте систем КАУ на кораблях ВМС Украины проводятся субъективно, путем последовательного приближения, что требует дополнительных затрат рабочих сил и средств и высокой подготовленности личного состава боевого расчета КАУ. Кроме того, переход механических систем КАУ в другие технические состояния приводит к необходимости изменения способа применения всего артиллерийского комплекса в целом. В условиях ограниченной информации управляющему огнем необходим большой временной промежуток на принятие решения в отношении выбора способа применения комплекса, что является недопустимым при выполнении боевой задачи и ведет к снижению эффективности и применения данного вида оружия. Необходимость разработки и внедрения в комплексы оружия современных систем контроля с разработкой алгоритмов их работы определяет необходимость проведения исследований в данном направлении.

**Анализ литературы** Анализ литературы показывает, что основными методами контроля СТС, к которым относятся и корабельные артиллерийские установки (КАУ), являются методы неразрушающего контроля [2, 4–6]. В качестве таких методов контроля сложных механических систем, имеющих в своем составе как крутящиеся, так и ударно взаимодействующие кинематические механизмы, используются виброакустические методы контроля [2, 4]. Специфической особенностью применения данного метода для систем, имеющих значительное количество взаимодействующих механизмов, является наличие в системе контроля большого количества виброакустических датчиков, размещенных на всех узлах системы. Это обстоятельство при осуществлении процесса контроля систем КАУ приводит к значительному увеличению сложности самой системы контроля, ее стоимости соответственно, а необходимость наличия в составе системы контроля дополнительных модулей коммутации и преобразования сигналов приводит к снижению эффективности контроля и надежности данной системы. Возможным путем решения является использование в качестве носителя диагностической информации акустического шума (АШ) от работающих механизмов систем КАУ. Анализ Интернет-публикаций и литературы показывает, что такие методы находят применение при диагностировании в медицине, гидролокации, при контроле некоторых судовых систем и систем авиационной техники [1, 2]. Для обработки акустических сигналов от СТС с

целью распознавания технических состояний, используются методы спектрального, кепстрального, статистического анализа, вейвлет-преобразования [3,7]. Однако, в ходе проведенного анализа литературы автором не было найдено эффективных методик комплексного анализа АШ КАУ.

**Цель статьи.** Перспективным для проведения исследований и анализа АШ СТС считается использование одного из методов, широко применяемого при проведении распознавания речевых сигналов – кратковременный анализ сигналов [3].

В данной статье предлагается методика определения характеристик акустических сигналов (АС) работающих механизмов систем КАУ, функционирующих по жесткой циклограмме работы, на примере АК-176, знание которых позволяет судить о работоспособности механизмов систем комплекса в момент времени проведения контроля.

### Основная часть

В работающих механизмах основная составляющая АШ возникает в результате колебаний корпусов под воздействием вибрации [2, 5]. Корреляционные исследования позволили определить однозначную взаимосвязь между вибрацией и шумом работающих механизмов. Шум в точке приема АШ при проведении замеров в КАУ складывается от ряда вибрирующих элементов и множественных отображений от стенок внутри башни артиллерийской установки.

Анализ работы механизмов систем КАУ показал [8 – 10], что все элементы работают в жесткой временной последовательности – циклограмме, т.е. процесс работы механизмов четко разделяется во времени и продолжается циклично. Как показывают предварительные исследования, каждый из данных процессов работы имеет свои акустические характеристики. Поэтому наличие в АШ работающих механизмов систем КАУ посторонних компонент, выход характеристик АШ за определенные границы свидетельствует о возникновении изменений в работе механизмов, что позволяет утверждать о возможности использования акустических характеристик шума в определенные моменты времени для контроля технического состояния механизмов систем КАУ.

Для проведения исследований была разработана мобильная измерительная установка, состоящая из приемников АШ, в качестве которых используются три микрофона электродинамического типа, прибора соединения, аналогово-цифровой преобразователь (АЦП), блок записей сигналов, и блок индикации. Структура измерительной установки и размещения датчиков в КАУ представлены на рис. 1. Методика проведения измерений заключается в проведении последовательных записей работы основных механизмов систем КАУ на кораблях ВМС

и Морской Пограничной Службы Украины в условиях проведения технического обслуживания и боевой работы. На первом этапе проводится запись АШ при выключенном электрооборудовании; на следующих – производится запись АШ при последовательном включении механизмов систем и их работы в различных режимах функционирования. В после-

дующем осуществляется разделение записи АШ на участки в соответствии с циклограммой работы систем КАУ. Таким образом, имеется значительный набор реализаций АШ от работы механизмов систем КАУ по нескольким кораблям ВМС и МПС. Типовая реализация АШ по циклограмме от работы механизмов систем КАУ АК-176 приводится на рис. 2.

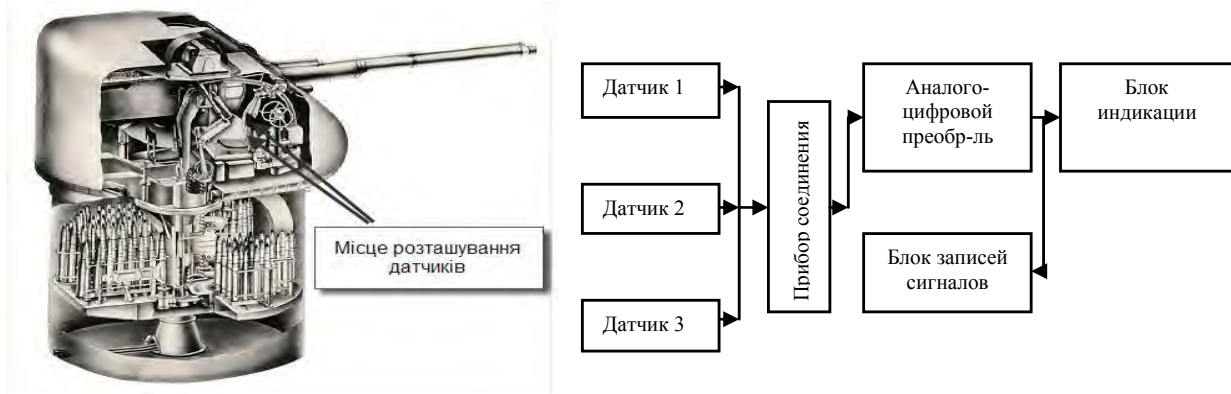


Рис. 1. Структура измерительной установки с местами расположения датчиков в КАУ АК-176

Анализ практически полученных осциллограмм показывает, что для каждой КАУ при условии правильного функционирования наблюдается повторяемость вида осциллограммы между реализациями во времени. Кроме того, моменты возникновения пиков сигналов на реализациях совпадают по времени с моментами ударных взаимодействий эле-

ментов механизмов систем КАУ, которые обозначены в циклограмме работы КАУ. Исходя из этого, зная момент остановки работы механизмов систем КАУ и информацию о сигнале в данный момент времени, определяется конкретная система или совокупность систем, в которых возникла неисправность.

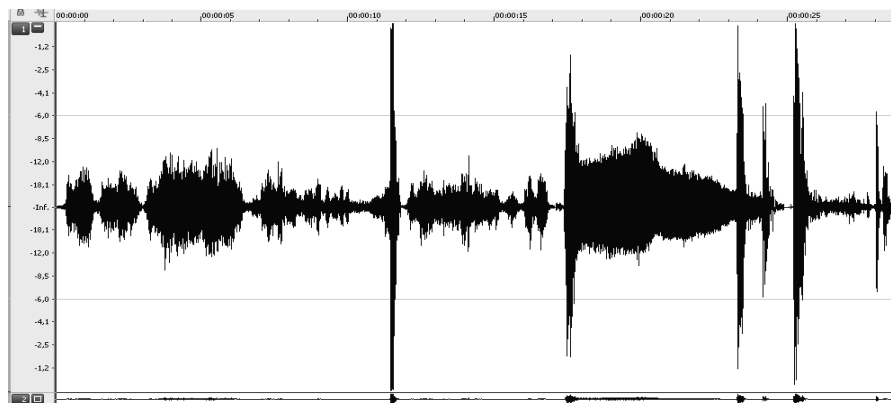


Рис. 2. Типовая реализация АШ по циклограмме при работе механизмов систем КАУ АК-176

Проведенный анализ показывает значительные колебания значений математического ожидания и дисперсии по реализации по причине нестационарности процесса АШ работающих механизмов систем КАУ. В то же время на реализациях существуют участки, на которых начальный и центральный моменты инвариантны по времени. Поэтому при проведении анализа принято допущение, что на данных участках сигнал стационарный (работа вращающихся механизмов, как привода системы наведения, редуктора подачи, привод гидросистемы и др.).

Анализ реализаций показывает, что данные участки реализаций по времени согласно цикло-

грамме совпадают с работой основных механизмов КАУ и имеют особенные характеристики, поэтому дальнейший анализ проводится для данных стационарных участков сигнала.

Одной из основных характеристик вероятностных величин является закон распределения. Определение закона распределения проводилось для мгновенных значений  $X(t)$ , мгновенной мощности  $W_k$ , кратковременной энергии сигнала  $E_k$  при применении метода кратковременного анализа.

Для определения вида закона распределения данных величин были получены статистические законы распределения, которые были проверены на

соответствие теоретическим законам распределения с помощью критерия  $\chi^2$  Пирсона. Теоретический анализ статистической природы обозначенных характеристик АШ позволяет сделать следующие выводы:

– мгновенные значения сигналов должны иметь нормальный закон распределения;

– мгновенная мощность сигнала подчиняется  $\chi^2$ -закону распределения с 1 степенью свободы (при условии одиночной дисперсии и нулевом математическом ожидании);

– кратковременная энергия сигнала подчиняется нецентральному  $\chi^2$ -закону распределения.

Проведенные расчеты с помощью критерия  $\chi^2$  Пирсона позволяют утверждать, что полученные статистические законы распределения не противоречат результатам теоретического анализа.

Наличие априорной информации в отношении значений параметров законов распределений для обозначенных характеристик АШ от работающих механизмов систем КАУ дают возможность создания алгоритма распознавания процессов, происходящих при взаимодействии элементов систем КАУ, при применении малозатратных технологий.

### Вывод

Измерительная установка на базе ПЭВМ с использованием в качестве АЦП промышленной звуковой карты средней стоимости позволяет получить адекватные значения характеристик АШ от работы механизмов систем КАУ.

Проведенный анализ колебаний начального и центрального моментов по реализациям позволяет применить гипотезу о кусочно-стационарности АС от работы механизмов систем КАУ для дальнейшего анализа.

Проведенные расчеты с помощью критерия  $\chi^2$  Пирсона позволяют утверждать, что полученные статистические законы распределения мгновенных

значений  $X(t)$ , мгновенной мощности  $W_k$ , кратковременной энергии сигнала  $E_k$  АС от работы механизмов систем КАУ не противоречат результатам теоретического анализа.

### Список литературы

1. Проников А.С. Надежность машин / А.С. Проников. – М.: Машиностроение, 1978. – 592 с.
2. Добрынин С.А. Методы автоматизированного исследования вибрации машин / С.А. Добрынин, М.С. Фельдман, Г.И. Фирсов. – М.: Машиностроение, 1987. – 224 с.
3. Макс Ж. Методы и техника обработки сигналов при физических измерениях систем / Ж. Макс. – М.: Мир, 1983. – 312 с.
4. Нахапетян Е.Г. Контроль и диагностирование автоматического оборудования / Е.Г. Нахапетян. – М.: Высшая школа, 1975. – 206 с.
5. Климов Е.Н. Идентификация и диагностика судовых технических систем / Е.Н. Климов, С.А. Попов, В.В. Сахаров. – Л.: Судостроение, 1978. – 178 с.
6. Нахапетян Е.Г. Контроль и диагностирование автоматического оборудования / Е.Г. Нахапетян. – М.: Наука, 1990. – 272 с.
7. Гуляев В.А. Методы и средства диагностической информации в реальном времени / В.А. Гуляев, В.М. Чаплыга, И.В. Кедровский. – К.: Наукова думка, 1986. – 220 с.
8. Артиллерийская корабельная установка АК-176. Техническое описание. – М.: МО СССР, 1982. – 256 с.
9. Артиллерийская корабельная установка АК-176. Альбом рисунков к техническому описанию. – М.: МО СССР, 1982. – 244 с.
10. Тушин В.В. Теория и эксплуатация корабельных автоматических артиллерийских установок. Том 1 / В.В. Тушин. – Л.: ВМА им. А.А. Гречко, 1977. – 312 с.

Поступила в редколлегию 4.08.2009

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. Л.Ф. Купченко, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

### МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК АКУСТИЧНИХ СИГНАЛІВ ПРАЦЮЮЧИХ МЕХАНІЗМІВ СИСТЕМ КОРАБЕЛЬНИХ АРТИЛЕРІЙСЬКИХ УСТАНОВОК

О.С. Чирікалов

*У статті пропонується методика визначення характеристик акустичних сигналів від працюючих механізмів корабельних артилерійських установок, що функціонують по жорсткій циклограмі роботи, на прикладі АК-176. Як діагностична ознака зміни технічного стану систем КАУ розглядається акустичний шум працюючих механізмів систем КАУ.*

**Ключові слова:** акустичний сигнал, метод короткочасного аналізу сигналів, корабельні артилерійські установки.

### METHOD OF THE DETERMINATION OF DESCRIPTIONS OF ACOUSTIC SIGNALS OF WORKINGS MECHANISMS OF SYSTEMS OF SHIP ARTILLERY SETTINGS

A.S. Chirikalov

*In the article the method of determination of descriptions of acoustic signals is offered from the workings mechanisms of the ship artillery settings, functioning on hard cyclogramma of work, on the example of SAS AK-176. As a diagnostic sign of change of the technical state of the systems of SAS acoustic noise of workings mechanisms of the systems of SAS is examined.*

**Keywords:** acoustic signal, method of brief analysis of signals, ship artillery settings.