

УДК 623.4.018

А.Н. Бебенин<sup>1</sup>, А.В. Зотов<sup>2</sup>, С.В. Ширяев<sup>2</sup>**ВЫЯВЛЕНИЕ СЛОЖНОИДЕНТИФИЦИРУЕМЫХ ОТКАЗОВ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОДСИСТЕМ МЕХАТРОННЫХ КОМПЛЕКСОВ**Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева<sup>1</sup>,  
ОАО «Центральный научно-исследовательский институт «БУРЕВЕСТНИК»<sup>2</sup>

Обоснована необходимость проведения измерений физических параметров функционирования подсистем мехатронных комплексов в ходе отладочных испытаний. Предложена методика идентификации сложнодиагностируемых отказов подсистем мехатронных комплексов путём всестороннего анализа параметров функционирования подсистем совместно с данными бортовой информационно-управляющей сети.

*Ключевые слова:* мехатронные комплексы, стендовые испытания, идентификация отказов, циклограмма, параметры функционирования.

Вновь разрабатываемые образцы артиллерийского вооружения представляют собой сложные мехатронные системы, обладающие развитым комплексом бортового оборудования, разветвлённой сенсорной сетью, системой распределённых приводов и исполнительных механизмов, обеспечивающих полную автоматизацию процессов подготовки и ведения огня. Разработка и изготовление любой сложной технической системы сопровождаются большим числом различных испытаний, выполняемых на всех стадиях жизненного цикла изделия. Испытаниям подвергаются как отдельные части и компоненты изделия, так и функциональные подсистемы автономно и в составе изделия.

Стендовые испытания функциональных подсистем вновь разрабатываемых изделий сопровождаются большим числом случаев нештатного срабатывания исполнительных элементов. Анализ возможных причин отказов осложнялся тем, что перед испытанием в составе функциональной подсистемы все элементы подсистем должны успешно пройти автономные испытания.

Указанные или аналогичные явления могут приводить к возникновению ситуаций неоднозначности при выявлении, локализации и определении причин возникновения отказов при проведении комплексных испытаний мехатронных систем. Эти ситуации невозможно предусмотреть на этапе проектирования изделия вследствие ряда факторов:

- индивидуальных особенностей каждой выпускаемой системы, обусловленных погрешностями в изготовлении и сборке деталей и узлов изделия;
- отсутствием достаточно полной и подробной информации о процессах, протекающих в бортовой сети исследуемого изделия;
- потерей функциональных свойств датчиковым оборудованием, информационно-управляющими блоками вследствие воздействия динамических нагрузок высокой интенсивности.

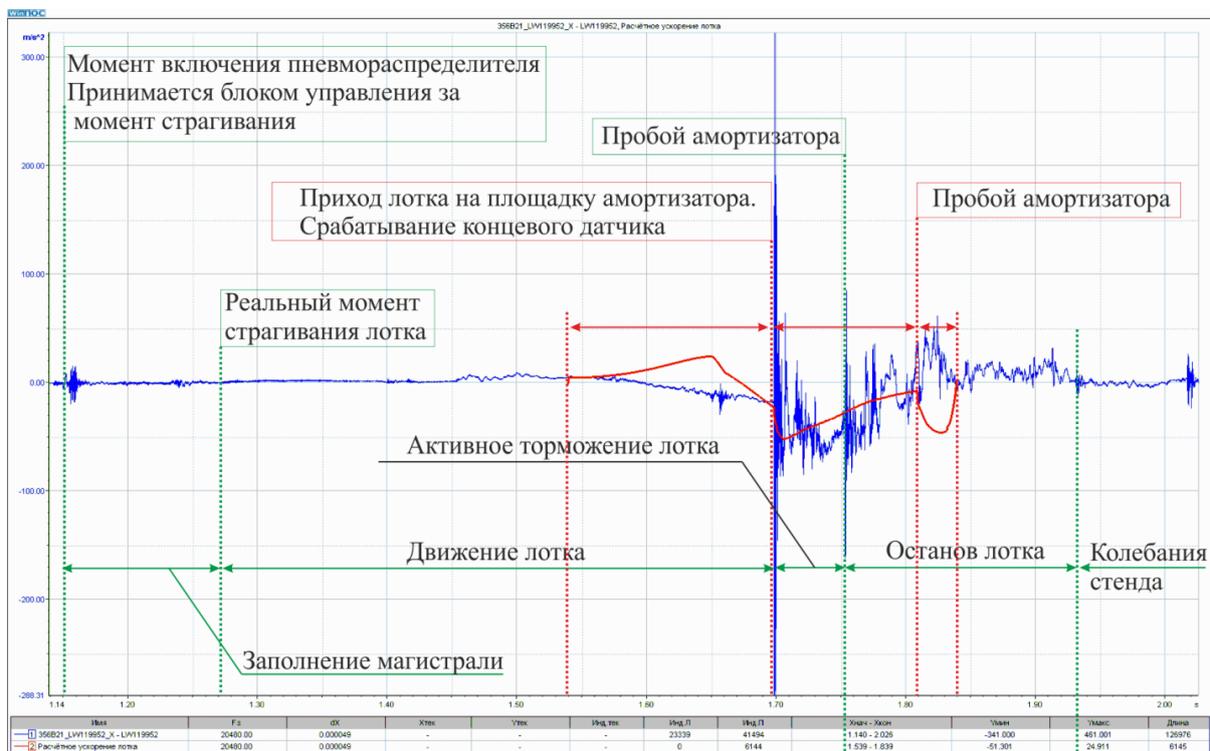
В связи с этим предоставляется необходимым на этапах испытаний проводить измерения динамических параметров функционирования исполнительных механических элементов исследуемого объекта и их комплексный анализ совместно с информацией, поступающей от датчиков и блоков управления мехатронной системы, с целью выявления случаев нештатного срабатывания блоков управления и элементов сенсорной сети изделия.

Описываемый метод предполагает проведение сетевого контроля информационного обмена блоков управления в ходе испытаний. В рамках этого контроля производится выборочная запись истории сетевых сообщений в лог-файл. Сообщения отбираются из сетевого трафика в соответствии с «маской», сформированной на этапе проведения исследователь-

ских работ. «Маска» сформирована по принципу причинно-следственной связи, отражающей механическое воздействие, отклик датчиков сенсорной сети мехатронной системы на данное воздействие, реакцию блоков управления на сигналы сенсорной сети изделия.

Получаемый таким образом лог-файл должен быть во временной области синхронизирован с файлом результатов системы измерений динамических параметров функционирования исследуемой подсистемы. Минимальнодопустимая разница во временной области должна составлять не более 0.001с. Такая точность соответствует дискретности времени операционной системы Windows, используемой большей частью отладочной аппаратуры и устройствами управления цифровыми анализаторами-регистраторами. Таким образом, для синхронизации лог-файла и файла результатов измерений необходимо использовать синхронизацию возможную при объединении регистрирующей аппаратуры в локальную сеть "клиент-сервер", при этом сервером должен являться цифровой регистратор-анализатор.

Комплексный анализ параметров функционирования исследуемых подсистем направлен на составление физической циклограммы работы функциональных подсистем артиллерийских комплексов, которая отражала бы не только движение исполнительного элемента, но и все механические и электрические возмущения, воздействующие на подсистему. Ввиду сложной структуры собираемой информации и отсутствия достаточных экспериментальных данных для наработки статистических характеристик для каждого исследуемого в ходе испытаний параметра, определение аномальных результатов предполагается проводить аналитическим способом, путём сопоставления получаемых результатов с «эталонными» расчётными кривыми, полученными путём предварительного математического моделирования режимов работы функциональных подсистем изделия. На рис. 1 приведён пример определения характеристических значений исследуемого сигнала по результатам измерений ускорений.



**Рис. 1. Определение характеристических значений при перемещении исполнительного элемента функциональной подсистемы мехатронного комплекса**

По мере накопления необходимых экспериментальных результатов должна формироваться база данных статистических параметров измеряемых сигналов. Сравнительный анализ

«эталонного» смоделированного сигнала с результатом реальных измерений позволяет в оперативном порядке определять необходимые характеристические параметры исследуемого сигнала.

Путём идентификации характеристических участков сигналов, по результатам сопоставления динамических измерений и результатов математического моделирования, строится циклограмма физической работы функциональной подсистемы изделия. На полученную таким образом циклограмму наносится синхронизированная с результатами физических измерений и развёрнутая во временной области история сообщений бортовой информационной сети, зарегистрированная в лог-файле.

Полученная комплексная циклограмма работы функциональной подсистемы позволяет оперативно силами сборочной бригады, без привлечения высококвалифицированного персонала расчётных и конструкторских подразделений, выявлять, локализовать и устранять погрешности в работе сенсорной сети, управляющих блоков и исполнительных элементов изделия.

*Дата поступления  
в редакцию 11.12.2014*

**A.N. Bebenin<sup>1</sup>, A.V. Zotov<sup>2</sup>, S.V. Shiryayev<sup>2</sup>**

## **IDENTIFICATION OF DIFFICULT TO DIAGNOSTIC REFUSALS OF FUNCTIONAL SUBSYSTEMS MECHATRONIC COMPLEXES**

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alexeev<sup>1</sup>,  
Joint Stock Company Central Research Institute "BUREVESTNIK"<sup>2</sup>

The paper presents need of carrying out measurements of physical parameters of functioning of subsystems of the mechatronic complexes is proved during debugging tests. The identification technique of difficult to diagnostic refusals of subsystems the mechatronic complexes by the complex analysis of parameters of functioning of subsystems together with data of an onboard management information network is offered.

*Key words:* mechatronic complexes, bench tests, identification of refusals, sequence diagram, functioning parameters, analysis of tests results.