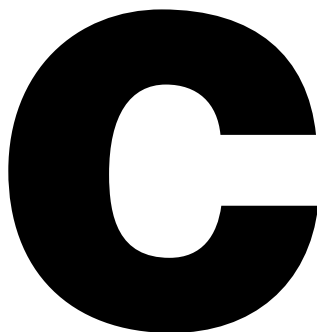


## Мехатронные системы проверки качества компонент оборудования

Рассматривается задача создания мехатронных систем для проведения испытаний проектируемого оборудования. Представлены примеры проведения испытаний с использованием элементов оборудования и систем управления оборудованием мехатронной системы. УДК статьи 65.01; 334; 338



### В.С. Лагута

генеральный директор  
ООО «Институт  
производственных  
исследований», Москва, Россия,  
канд. техн. наук

### А.Ю. Малыгин

и.о. начальника отдела Научно-  
учебного центра «Робототехника»  
МГТУ им. Н.Э. Баумана,  
Москва, Россия

развитием технической базы механики, электроники и программных систем управления появляется возможность существенно снизить риски внедрения (ввода в эксплуатацию) сложных технических систем уже на этапе разработки опытных образцов. То же самое относится к комплектации технических систем покупными компонентами. Для этого осуществляется проверка планируемых свойств и возможностей элементов создаваемой (внедряемой) технической системы с использованием специальных программно-технических комплексов — так называемых мехатронных систем [1].

В качестве простейшего и наглядного примера использования мехатронной системы (МС) для проверки качества изделия можно привести рекламный стенд апробации бытового кресла на клееной деревянной основе. МС представляет собой привод, имитирующий усилие садежащегося в кресло человека, и счетчик циклов «сел/встал». Задача рекламного (и технического) испытания — наглядно показать надежность клееной конструкции (между прочим установочное количество циклов — не менее 10 тысяч!).

Проверка качества компонентов оборудования на этапе разработки, как правило, предполагает проверку принципиальной работоспособности элементов для определенных условий, задаваемых внешней (по отношению к проверяемому элементу) средой. Для этого формулируется план проверки, например:

- ▶ в определенном (задаваемом) диапазоне изменения управляемых параметров функциональных элементов, таких как скорость, мощность и т.п.;
- ▶ в определенном (задаваемом) диапазоне изменения внешних факторов, оказывающих влияние на функцио-

нальный элемент, например климатические условия предполагаемой зоны эксплуатации, отклонения по параметрам источников питания и т.п.;

▶ в определенном (задаваемом) диапазоне изменения параметров смежных элементов или объектов, которые оказывают воздействие на проверяемый элемент, это может быть изменение массогабаритных характеристик нагрузки, ударные воздействия и т.п.

Соответственно определяются технические требования и техническое задание (ТЗ) на проектирование соответствующей мехатронной системы для проведения запланированных испытаний. Если формирование управляемых воздействий МС на объект и/или обработка результатов экспериментов представляют определенную трудоемкую задачу — возможна разработка программно-аппаратных систем и соответствующих специализированных интерфейсов пользователя.

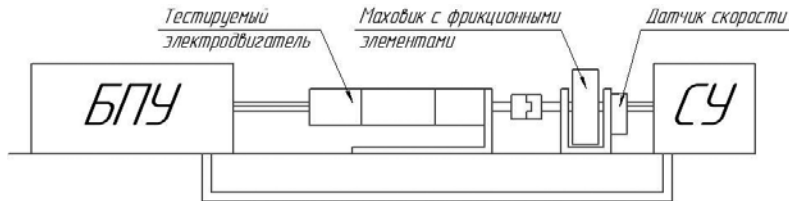
С учетом колоссального разнообразия проектируемых и внедряемых технических объектов создание универсальных устройств для тестирования и апробации функциональных свойств элементов невозможно. Поэтому создание мехатронных устройств для проверки качества образцов создаваемой техники практически всегда остается индивидуальной задачей в зависимости от конкретных требуемых свойств и эксплуатационных характеристик. В то же время, как показано выше, есть определенные положения, которые являются общими для осуществления апробации создаваемых элементов технических систем:

- ▶ формирование системы ограничений по параметрам внешней среды испытываемого элемента;
- ▶ формирование плана проведения испытаний;

### ключевые слова

мехатронная система,  
испытания оборудования,  
экспериментальная база, система  
управления

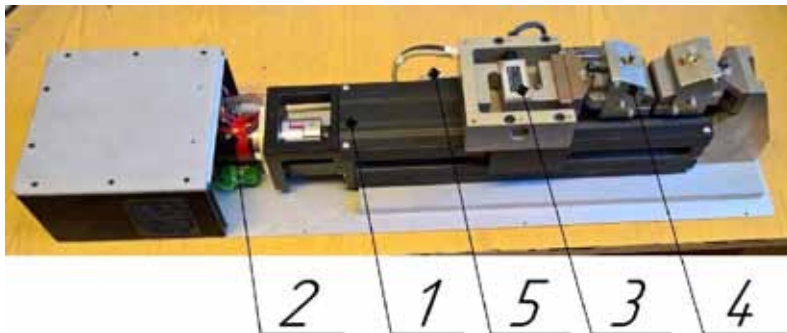
- ▶ формирование ТЗ на разработку МС, в том числе интерфейса пользователя (при необходимости);
- ▶ проектирование и изготовление (заказ) МС для проведения испытаний;



**Рис. 1.** Проверка соответствия характеристик электропривода при нагружении [Conformity verification of the actuator the characteristics during loading]



**Рис. 2.** Проверка соответствия характеристик электропривода при нагружении и разгрузке [Conformity verification of the actuator the characteristics during loading and unloading]



**Рис. 3.** Устройство для проверки элементов оборудования и образцов на растяжение/сжатие [Device for testing equipment components and tensile/compression specimens]

- ▶ планирование, проведение и обработка результатов экспериментов.

Рассмотрим конкретные примеры проведения испытаний.

Одним из часто применяемых видов экспериментальных испытаний является проверка соответствия характеристик электропривода, например электродвигатель с блоком питания и управления (БПУ), с имитацией динамических изменений внешнего воздействия. Возможно использование двух схем нагружения. В первом случае производится только нагружение испытываемого электропривода, а во втором возможно как нагружение, так и разгрузка (обгон).

Для первого варианта в качестве нагружателя используется маховик с известными массо-инерционными характеристиками и возможностью создания дополнительного момента сопротивления за счет регулируемых фрикционных элементов (рис. 1). Для второго варианта в качестве нагружателя выступает электропривод со своей системой управления, которая содержит библиотеку алгоритмов нагружения/разгружения тестируемого электропривода (рис. 2). Алгоритмы разрабатываются и программируются предварительно в соответствии с планами проведения экспериментов. Результаты измерений поступают в систему управления (СУ) измерительного стенда. Для первого случая — это измеренная скорость маховика, а во втором случае скорость вращения — имитационного электропривода и момент нагружения. Программное обеспечение СУ позволяет сравнить заданные алгоритмы работы тестового электропривода (имеются в виду выдаваемые на него установки) с фактически измеренными показаниями системы нагружения. На основании полученных данных производится корректировка и подстройка СУ электроприводов. Данный способ нагружения подходит для тестирования СУ и электроприводов мощностью от 3 Вт до 20 кВт.

Для проведения комплексных испытаний ответственных элементов мехатронных систем зачастую необ-

ходимо создавать достаточно сложные устройства — также мехатронные системы, но работающие в «тепличных» условиях лаборатории в отличие от своих «собратьев». В качестве примера рассмотрим устройство для проверки элементов оборудования и образцов на растяжение/сжатие (рис. 3).

Данное устройство позволяет проводить как единичные воздействия, так и комплексные испытания. Основные функциональные элементы (узлы) устройства:

- ▶ модульная система прецизионного линейного перемещения;
- ▶ электропривод, создающий требуемое усилие;
- ▶ система измерения усилия на базе тензометрических датчиков;
- ▶ система зажатия образцов различного типоразмера и материалов;
- ▶ система измерения линейного перемещения на базе контактных и бесконтактных датчиков.

Благодаря модульному принципу построения возможно производить замену узлов и их тестирование. Это позволяет тестировать разработанные конструкции захватных устройств, используемые электроприводы и системы управления агрегата. Причем воз-

можны испытания с вариантами (комбинацией) компонент МС и образцов материалов.

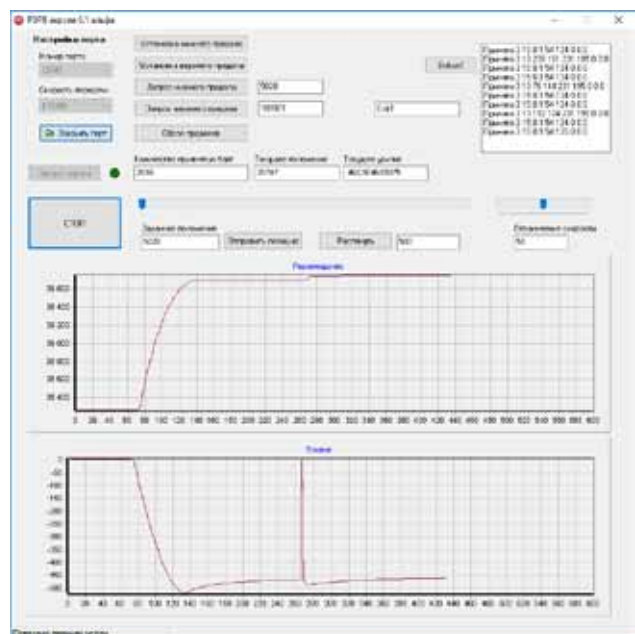
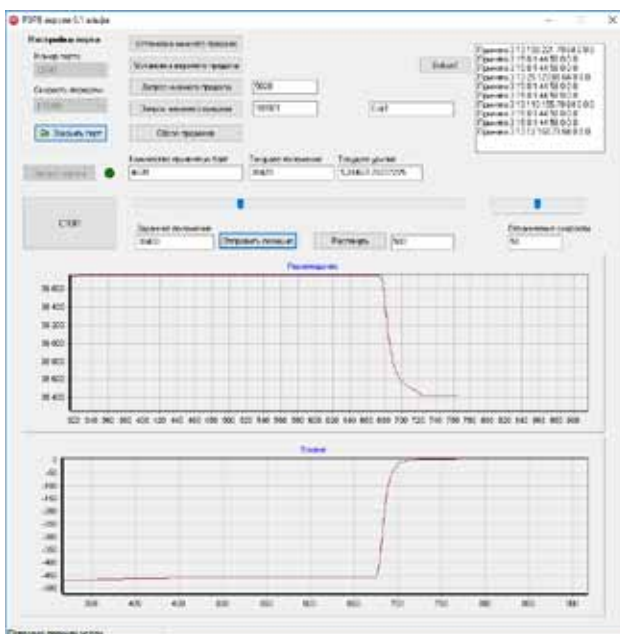
Отдельно стоит отметить возможность тестирования алгоритмов планируемого нагружения испытываемых элементов (образцов). Для осуществления программного управления процессом разработан специализированный интерфейс (рис. 4). Для измерения доступен ряд параметров: величина минимального нагружения (кг), скорость нарастания/снижения нагрузки (мм/сек), величина предельного нагружения (кг), варианты реализованных алгоритмов осуществления нагружения и другие.

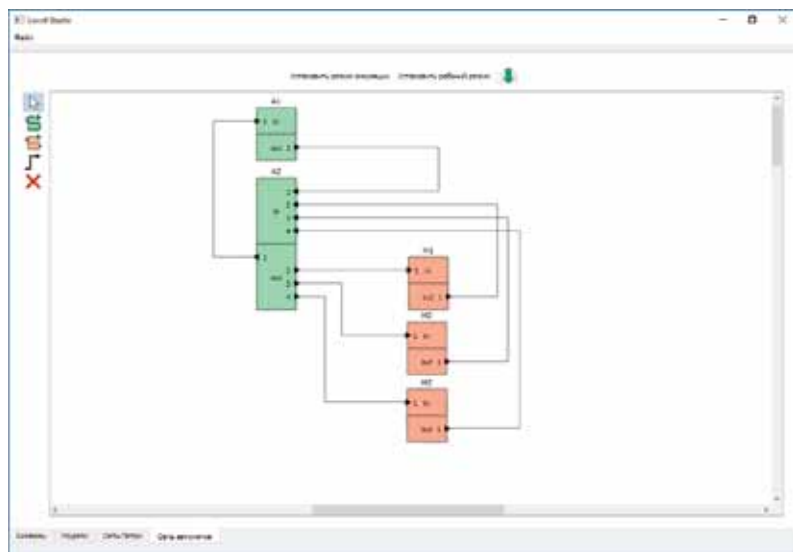
Завершающим этапом после проверки всех функциональных элементов сложной мехатронной системы является моделирование системы управления верхнего уровня. Именно эта система является интеллектуальным ядром, своеобразным «мозгом» механической системы и «превращает» технические агрегаты в мехатронную систему. Для моделирования поведения МС в реальных условиях необходимо описать соответствующие алгоритмы работы. Одним из способов такого описания являются сети Петри [2].

## справка

**Мехатроника** — это область науки и техники, основанная на синергетическом объединении узлов точной механики с электронными, электротехническими и компьютерными компонентами, обеспечивающая проектирование и производство качественно новых модулей, систем и машин с интеллектуальным управлением их функциональными движениями

**Рис. 4.** Программное управление процессом: фрагменты специализированного интерфейса [Software process control: fragments of a specialized interface]





**Рис. 5.** Сеть управляющих автоматов с автоматической генерацией  
[Control machines network with automatic generation]

Для удобства формирования, задания, корректировки и отладки сложных алгоритмов управления техническими системами в НУЦ «Робототехника МГТУ им. Н.Э. Баумана» создан специализированный программный пакет Local Studio [3, 4]. Пакет позволяет описывать объекты управления в виде конечных автоматов, а алгоритмы работы — в виде сетей Петри. В результате моделирования работы системы управления строится сеть управляющих автоматов с их автоматической ге-

нерацией (рис. 5). Полученная модель позволяет запускать сеть на исполнение, то есть осуществлять поэтапное тестирование заложенных алгоритмов реальной системы управления.

И наконец, существует еще один пример использования МС для проверки качества компонент оборудования при сертификации испытываемых элементов с использованием программно-аппаратных эмуляторов (ПАЭ), с которым можно подробнее ознакомиться в статье [5]. Такие системы позволяют осуществлять управляющие воздействия в реальном масштабе времени, а мехатронная система имитирует внешнюю среду испытываемого агрегата.

В заключение необходимо сделать важное замечание. Конечно, стоимость создания МС для проведения эксплуатационных испытаний может оказаться достаточно высокой. Кроме того, для сложных экспериментальных установок потребуются соответствующая квалификация персонала. Критерием использования МС в подобных задачах всегда будет величина риска проекта в целом, причем это не только возможные прямые денежные потери. Вопросы безопасности, фактор времени, престижа и репутации могут оказаться важнее. ■

*Статья поступила  
в редакцию 11.10.2018*

## Список литературы

1. Егоров О.Д., Подураев Ю.В. Конструирование мехатронных модулей: Учебник. — М.: СТАНКИН, 2004.
2. Лагута В.С., Малыхин А.Ю., Филиппов А.А. Концепция открытого проекта цеха по изготовлению газобетонных блоков // Компетентность. — 2015. — № 9–10(130–131).
3. Максимов А.А., Гао Чжинин. Управление робототехническими комплексами на основе конечных автоматов с переменной структурой // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Приборостроение. — 2001. — № 1(42).
4. Максимов А.А. Один подход к построению конечно-автоматной управляющей сети // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Приборостроение. Специальный выпуск. — 2012. — № 6.
5. Лагута В.С., Ясиновский С.И. Сертификация компонент сложного оборудования с использованием ПАЭ // Компетентность. — 2011. — № 9–10(90–91).

**К**ОМПЕТЕНТНОСТЬ

**83344**  
**87872**

ПОДПИСНОЙ ИНДЕКС ПО КАТАЛОГУ АГЕНТСТВА «РОСПЕЧАТЬ»  
ПО ОБЪЕДИНЕННОМУ КАТАЛОГУ «ПРЕССА РОССИИ»

# Mechatronic Systems for Equipment Component Quality Control

Dr. V.S. Laguta, General Director, Institute of Industrial Researches, Moscow, Russia, institut@mail.ru

A.Yu. Malykhin, Acting Chief, Department Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia, mo\_lex@mail.ru

## key words

mechatronic system, equipment testing, experimental base, control system

Substantially to bring down risk of the difficult technical systems introduction already on the stage of pre-production models development, verification of the planned properties and possibilities of the created technical system elements comes true with the use of the special programmatic-technical complexes, so-called mechatronic systems.

We investigated the problem of creation of the mechatronic systems for the test of corresponding equipment. There is an enormous variety of the designed and inculcated technical objects. We consider, creation of mechatronic devices for quality of standards of the created technique control always remains an individual task. And this task depends on the certain required properties and operating descriptions, although some positions remain general. For a programmatic management a process is work out the specialized interface. The cost of creation of the mechatronic systems can appear too high. Therefore the criterion of their use is a size of risk of project on the whole.

We gave an examples of testing using MS elements of equipment and equipment control systems test of MS elements of equipment and sensor-based systems.

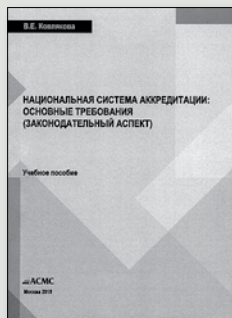
## References

1. Egorov O.D., Poduraev Yu.V. Konstruirovaniye mekhatronnykh moduley: Uchebnik [Designing mechatronic modules: Textbook], Moscow, STANKIN, 2004, 360 P.
2. Laguta V.S., Malykhin A.Yu., Filippov A.A. Kontsepsiya otkrytogo proekta tsekha po izgotovleniyu gazobetonnykh blokov [The concept of an open project workshop for the production of gas-concrete block], *Kompetentnost'*, 2015, no. 9–10(130–131), pp. 60–63.
3. Maksimov A.A., Gao Chzhinin. Upravleniye robototekhnicheskimi kompleksami na osnove konechnykh avtomatov s peremennoy strukturoy [Control of robotic complexes based on variable structure finite automata], *Vestnik MGTU im. N.E. Baumana, Priborostroeniye*, 2001, no. 1(42).
4. Maksimov A.A. Odin podkhod k postroeniyu konechno-avtomatnoy upravlyaushchey seti [One approach to building a finite automaton control network], *Vestnik MGTU im. N.E. Baumana, Priborostroeniye, Spetsial'nyy vypusk*, 2012, no. 6.
5. Laguta V.S., Yasinovskiy S.I. Serifikatsiya komponent slozhnogo oborudovaniya s ispol'zovaniem PAE [Certification of components of complex equipment using REE], *Kompetentnost'*, 2011, no. 9–10(90–91), pp. 26–29.

## НОВАЯ КНИГА

Ковлякова В.Е.

### Национальная система аккредитации: основные требования (законодательный аспект)



Учебное пособие. — М.: АСМС, 2018

Рассмотрены вопросы законодательного и нормативно-правового обеспечения, цели, принципы, порядок и правила аккредитации в национальной системе аккредитации, отражены требования, регламент, сроки подтверждения компетентности аккредитованных лиц, представлены этапы развития и становления национальной системы аккредитации. Пособие предназначено для слушателей АСМС, студентов, руководителей и специалистов аккредитованных лиц, представителей организаций, претендующих на аккредитацию, и может быть рекомендовано претендентам в эксперты, техническим экспертам по аккредитации в национальной системе аккредитации.

По вопросам приобретения обращайтесь по адресу: Академия стандартизации, метрологии и сертификации (АСМС), 109443, Москва, Волгоградский пр-т, 90, корп. 1. Тел. / факс: 8 (499) 742 4643. Факс: 8 (499) 742 5241. E-mail: info@asms.ru