

КАБДОЛДИНА АСЕМ ОРАЛХАНОВНА

**РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ
АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ СТАБИЛИЗАЦИИ И ПОВЫШЕНИЯ
ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИХ ВИБРОСТЕНДОВ**

АННОТАЦИЯ

диссертации на соискание степени доктора философии (PhD)
по специальности 6D071600- «Приборостроение»

Актуальность работы. Вибрация, удары, толчки являются неотъемлемой частью условий эксплуатации машин, механизмов, приборов и устройств. Ни для кого не секрет, что, за редким исключением, влияние указанных факторов приводит к увеличению энтропии, старению материалов. Чтобы лучше узнать суть явления, проводится огромное количество исследований вибрации. Множество фирм и научно-исследовательских центров предлагают методики анализа, оценки, классификации влияния динамических воздействий. Понятно, что самый лучший способ «узнать», как тот или иной вредный фактор влияет на изделие — это эксплуатировать изделие в реальных условиях в течение всего срока службы. Но у данного решения, кроме очень важного и единственного достоинства, есть множество недостатков экономического, временного и функционального характера. В результате комплексное действие раскладывают на составляющие, определяют степень их влияния для тех или иных конкретных условий и проводят целевые исследования по выбранным направлениям. Созданные методики позволяют наиболее полно исследовать влияние вибрации при заданных условиях на оборудовании, специально созданном для их имитации. Созданное для этого оборудование, исследуются на влияние вибрации при различных условиях эксплуатации:

1. Вибрационный и акустический шум;
2. Усталость материалов;
3. Разрушение при резонансе.

Причинами конкретизации указанных направлений являются наличие характерных особенностей различных машин, механизмов, приборов и устройств, что соответственно требует определенного подхода в каждом случае.

В этой работе рассматривается третий случай разрушение при резонансе. Ресурс изделия существенно снижается, а напряжения в материалах и соединениях увеличиваются на порядки при возбуждении в изделии резонанса. Для большинства изделий точное определение собственных частот является жизненно необходимой задачей. Существует множество косвенных аналитических и численных методов определения собственных частот деталей и конструктивных элементов. Но с ростом сложности объекта и невозможности учета всех особенностей изделий точность (а иногда и адекватность), безусловно, снижается. В подобных случаях проще, экономичнее и целесообразнее проводить мероприятия по определению собственных резонансных частот изделия экспериментально. Полученные экспериментально данные при корректном проведении измерений более соответствуют действительности, чем данные, полученные путем манипуляций с ее описанием. Далее на основе полученной информации проводится корректировка конструкции с целью изменения собственных резонансных частот изделия, или вносятся поправки в технические условия его эксплуатации, транспортировки и хранения.

В настоящее время к параметрам надёжности электронных средств (ЭС), функционирующих в жестких условиях эксплуатации, предъявляются высокие требования. Важнейшим дестабилизирующим фактором, приводящим к отказам ЭС, является внешнее вибрационное воздействие (до 30% отказов приходится на

вибрационные воздействия). В связи с этим в процессе разработки и производства ЭС предусматривается проведение лабораторно-стендовых испытаний на воздействие вибрации с помощью специальных методов и средств испытаний.

Несмотря на значительные достижения в области стендовых испытаний, режимы функционирования ЭС в реальных условиях эксплуатации значительно отличаются от испытательных режимов, что является причиной до половины отказов, вызванных вибрационными воздействиями.

Рассмотрим на примере датчиков. Значительное количество отказов датчиков, установленной в изделиях ракетно-космической и авиационной техники, вызвано воздействием интенсивных механических вибраций. Кроме того, вопросы прочности и надежности при воздействии вибраций давно приобрели решающее значение при разработке такой аппаратуры. Датчиков, как правило, содержит различные конструктивные элементы и узлы, реакция которых на воздействие вибраций различна. Во время эксплуатации датчиков может подвергаться воздействию вибрации различного характера периодического, близкого к гармоническому, ударного или случайного.

Существуют две категории причин выхода из строя (отказа), определяющих надежность датчиков:

- усталостное разрушение элементов датчиков;
- отклонение основных параметров за пределы норм, характеризующих исправное функционирование.

Таким образом, при виброиспытаниях решаются 2 основные задачи, вытекающие из требований, формируемых в процессе разработки и создания, и требований эксплуатации – оценка срока службы испытуемого объекта и разработка методов испытаний, которые соответствуют типичным случаям вибрационного воздействия во время эксплуатации объекта и пригодны для обязательных приемо-сдаточных испытаний.

Поэтому в общей проблеме повышения характеристик электродинамических вибростендов (ЭДВ), совершенствование методов и средств повышения точности измерения, степени соответствия испытательных режимов режимам эксплуатации и информативности результатов испытаний ЭДВ является актуальной научно-практической задачей.

Целью настоящей работы является: повышения эксплуатационных характеристик ЭДВ на основе метода управления модельного прогнозирования с использованием современных компьютерных технологий и создания виртуальной лабораторной базы для испытаний вибрации и разработки автоматизированной адаптивной системы для стабилизации ЭДВ.

Для достижения цели сформулированы следующие **задачи исследования:**

- проведение поисковых исследований по состоянию и перспективам развития вибростендов и систем управления виброиспытаниями.
- проведение анализа основных технических характеристик и функциональных возможностей существующих вибростендов и систем управления.
- разработка ряда математических моделей основных элементов и блоков системы управления вибростендом.
- осуществление оптимизации системы управления на основе выбранных критериев.
- экспериментальные исследования автоматизированной адаптивной системы стабилизации и повышения характеристик электродинамического вибростенда.

Объект исследования. Виртуальная лаборатория адаптивного управления и технология, направленная на совершенствование технических характеристик для автоматизированного лабораторного стенда.

Предмет исследования. Многочисленные предприятия в Казахстане используют большое количество вибростендов, которые не могут удовлетворить описания их

использования из-за физического и морального устаревания системы управления и, следовательно, предметом исследования является решения этих проблем.

Научная новизна исследования: Научная новизна результатов, полученных в диссертационной работе, такова:

- Идентификация программно - технического средства электродинамических вибростендов и обоснования методологии;
- Создание точной динамической модели электродинамических вибростендов, необходимых для управления моделью;
- Получение результатов синтеза систем управления электродинамических вибростендов с использованием методов прогнозирующего управления;
- Используя передовые компьютерные технологии управления разработать системный программно - аппаратный обеспечения системы.

Практическая значимость работы. Разработанные в диссертации теоретические положения и методики легли в основу разработанной АСУВ, позволившей повысить эффективность проведения стендовых испытаний ЭС, о чем имеются акты внедрения в научно-исследовательские работы ООО Научно-производственный центр «Контрольно-измерительные технологии» и АО «ОДК- СТАР».

Личный вклад автора в проведенное исследование. Представленные на защиту результаты диссертации получены автором самостоятельно. Результаты, опубликованные совместно с другими авторами, принадлежат соавторам в равных долях. Результаты других авторов, которые использованы при изложении, содержат ссылки на соответствующие источники.

Апробация работы. Основные результаты работы докладывались и обсуждались на: международной Сатпаевской чтении – 2015 «Роль и место молодых ученых в реализации новой экономической политики Казахстана» (2015, г. Алматы, Казахстан); III Ежегодной межвузовской студенческой научно-практической конференции Информационные технологии в науке и образовании. Проблемы и перспективы. (2016, г. Пенза, Россия); международной научно-практической конференции – Молодежь. Наука. Инновации (Youth. Science. Innovation). (2016, г. Пенза, Россия); международной Сатпаевской чтении – 2017 «Научная наследия Шахмардана Есенова» (2015, г. Алматы, Казахстан); на научных семинарах университета КазННТУ имени К.Сатпаева (2014-2017 гг., г. Алматы, Казахстан); на научных семинарах кафедры «РТТТСА» ИПИ, КазННТУ имени К.Сатпаева (2014-2018 гг., г. Алматы, Казахстан). По теме диссертационной работы опубликованы 16 статей, в том числе базе Scopus 4 статьи, 3 статьи из списка рекомендованных ККСОН МОН РК и 8 доклада на международных научных конференциях.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из нормативных ссылок, определения, обозначения и сокращения, введения, пяти глав основного содержания, заключения, списка использованной литературы и приложений.

Введения посвящена актуальности диссертационной работы, цели исследования, задачи исследования, предмету исследования, объекту исследования, научной новизне работы, практической значимости работы и апробации работы.

В первой части сделан литературный обзор текущего состояния и будущего развития вибростендов и его систем управления. Также рассмотрены следующие вопросы: анализ существующих электродинамических вибростендов, анализ существующих систем управления электродинамических вибростендов, АРС-управления электродинамическим вибростендом, автоматизированная система управления испытаниями, перспективы развития существующих методов и средств определения динамических характеристик конструкции.

Во второй части анализируются основные технические характеристики и функциональность существующих вибростендов и систем управления. Моделирование структур и элементов систем управления. Эквивалентная схема замещения и уравнения

динамики электродинамического вибратора. Параметрическая идентификация модели электродинамического вибростенда. Выбор типа модели и метода идентификации. Использование графического интерфейса System Identification Toolbox для идентификации математической модели вибростенда. Синтез системы управления с использованием процедуры ACOR. Создание SCADA-проекта системы с APC-управлением.

В третьей части - активный контроль вибрации и ее применение. Смарт материалы. Электро- магнитологические жидкости. Электрические и магнитные материалы. Демпфирование. Анализ материалов, компонентов и приборов для методов испытаний ресурсов и их ускорения с помощью приборов.

В четвертой часть – компьютерное и математическое моделирование. Создание математической модели объекта. Экспериментальное исследование системы и оценка ее характеристик. Параметрическая идентификация вибростенда TIRA. Синтез и анализ систем управления вибрации. Синтез PID-регулятора. Оптимальный синтез ACOR. Создание математической модели системы управления. Компьютерное моделирование математической модели системы управления. Выбор технического и программного обеспечения. Выбор оборудования. Выбор программного обеспечение. SCADA – проектирование АСУВ.

В заключение диссертации приведены основные результаты работы, были обобщены в результате представленных и обсужденных исследований и анализов.