

УДК 001.891

Н.Д. КОШЕВОЙ*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина***НАПРАВЛЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ КАФЕДРЫ
АВИАЦИОННЫХ ПРИБОРОВ И ИЗМЕРЕНИЙ**

Описаны основные направления научных исследований, выполняемых кафедрой авиационных приборов и измерений.

авиационные приборы, измерение, научные исследования**Введение**

Рассматривая научные достижения кафедры за 30 лет, следует отметить такие научные направления, как исследование возможностей применения ультра- звуковых колебаний для технологического контроля внутреннего состояния слоистых изделий авиационной техники (руководитель - доцент, канд. техн. наук. Корицкий И.Г., защищено две кандидатских диссертации), исследование излучателей и измерителей высокотемпературных потоков (руководитель - доцент, канд. техн. наук **Карташов В.К.**, защищена одна кандидатская диссертация), исследование новых схем планетарных механизмов и работы механизмов специального назначения в условиях космоса (руководитель - доцент, канд. техн. наук **Гкаченко В.А.**, защищено три кандидатские диссертации), исследование надежности и живучести цифровых систем управления (руководитель – проф., д-р. техн. наук Колесников В.Н., защищена одна докторская диссертация), разработка методологии создания формальных алгоритмических систем (руководители – проф., д-р. техн. наук **Жихарев В.Я.**, проф., д-р. техн. наук Чумаченко И.В., защищено две докторские диссертации), автоматизация процессов нанесения гальванических покрытий (руководитель – проф., д-р. техн. наук Кошевой Н.Д., защищены докторская и кандидатская диссертации). Результаты этих исследований защищены многочисленными

патентами, внедрены на ряде промышленных предприятий, опубликованы в монографиях и статьях, апробированы на многих международных конференциях и симпозиумах.

Основные направления научных исследований кафедры

В настоящее время ученые кафедры продолжают серьезные научные поиски по следующим направлениям:

- автоматизация экспериментальных исследований сложных объектов (руководитель - проф., д-р. техн. наук Кошевой Н.Д.);
- разработка и исследование измерительных преобразователей влажности сыпучих, пастообразных, жидких и газообразных материалов (руководитель - проф., д-р. техн. наук Кошевой Н.Д.);
- разработка и исследование систем измерения количества топлива (руководитель - проф., д-р. техн. наук Кошевой Н.Д.);
- автоматизированные системы контроля и диагностики сложных объектов (руководитель - канд. техн. наук, доцент Дергачев В.А.);
- метрологическое обеспечение динамических измерений механических величин (руководитель - канд. техн. наук, доцент Науменко А.М.);
- структурно-алгоритмические методы повышения точности измерений (руководитель - канд. техн. наук, доцент Черепашук Г.А.).

Основные итоги проведения научно-исследова-

тельских работ по автоматизации экспериментальных исследований :

- предложены методы идентификации статических и динамических объектов, основанные на использовании процедур планирования эксперимента;

- разработан новый комбинаторно-групповой подход к решению задач построения оптимальных по стоимости реализации планов эксперимента;

- создано алгоритмическое и программное обеспечение для автоматизированного построения планов многофакторного эксперимента, которое позволяет сократить время эксперимента и снизить его стоимость, а также используется для построения математических моделей сложных объектов; пакеты прикладных программ по автоматизации планирования эксперимента зарегистрированы в Фонде алгоритмов и программ Украины (№П6434 от 12.05.98 г.) и в Государственном департаменте интеллектуальной собственности МОН Украины (№6015 от 29.07.2002 г.; №9115 от 29.12.2003 г.; №13057 от 14.05.2005 г.; № 16002 от 17.03.2006 г.; №18150 от 03.10.2006 г.);

- получено 10 авторских свидетельств и 19 патентов Украины на устройства и системы для автоматизации экспериментальных исследований, в том числе 15 изобретений по датчикам давления, опубликованы две монографии [1,2], ряд статей, тезисов докладов; результаты исследований апробировались на международных конференциях и симпозиумах;

- разработаны высокоточные, надежные, малогабаритные, обладающие простотой конструкции и низкой стоимостью бесконтактные измерители постоянных токов (БИПТ), которые могут найти широкое применение в системах контроля и управления; на многоканальные БИПТ получено три патента Украины и три патента – на использование БИПТ в системах контроля и управления;

- предложено несколько вариантов измерителей

толщины диэлектрических покрытий на металлических поверхностях изделий, схемные решения и конструкции которых защищены четырьмя патентами Украины; основные положения исследований были апробированы на 12 международных конференциях и опубликованы в 5 статьях и 12 тезисах докладов;

- ведутся перспективные исследования, направленные на автоматизацию каротажных измерений для бурильных и геофизических работ [3]; получены патенты на способ определения свойств горных пород в процессе бурения скважин, устройство и систему для его реализации.

На основе результатов исследований, выполненных по данному научному направлению, защищены одна докторская и пять кандидатских диссертаций.

Необходимость проведения исследований по второму направлению обусловлена тем, что активация топлива путем добавления определенного количества воды и последующего эмульгирования позволяет получить повышенную полноту сгорания и теплотворную способность в процессе сжигания полученных таким образом эмульсий в котлах различных типов. Применение технологии эмульгирования обеспечивает значительное снижение количества вредных выбросов в атмосферу, таких, как бенз(а)пирен, сажа, СО и др. Таким образом, появляется возможность экономии до 20% жидкого топлива и улучшения экологической обстановки. В связи с этим сотрудниками кафедры предложен, разработан и изготовлен опытный образец системы автоматического регулирования подачи воды в жидкое топливо (АРПВ) с усовершенствованным методом управления электроклапанами исполнительного механизма, заключающимся в получении на выходе системы квантованного по уровню входного потока воды [4,5]. Выполнено моделирование режимов работы системы в целях обеспечения высокой точности регулирования.

Опытный образец системы предназначен для

автоматического регулирования подачи воды в смесительный резервуар роторно-пульсационного аппарата для автоматического приготовления качественной водно-топливной эмульсии. Традиционное применение для этих целей дисковых затворов с трехфазными асинхронными двигателями не обеспечивает необходимой точности регулирования по причине инерционности. Поэтому разработчиками применен новый метод управления исполнительным механизмом, сутью которого является получение на его выходе квантованного по уровню входного потока воды, что позволяет непрерывно подавать воду в эмульгатор с требуемой точностью (не ниже 1%). Структура системы усовершенствована путем использования регулятора расхода воды на основе двоично-реверсивного счетчика, снабженного задатчиком скорости отработки управляющего сигнала. Благодаря этому система имеет малые габаритные размеры, простую и гибкую конструкцию, разрешающую подключение к разным типам эмульгаторов.

Система АРПВ имеет следующие преимущества по сравнению с аналогами: малые габаритные размеры, высокую точность дозирования (при условии использования восьми электроклапанов может достигать 0,5%), гибкость конструкции и низкую стоимость (в два – три раза ниже известных аналогов).

В рамках данной тематики исследованы вопросы повышения точности измерения влажности нефтепродуктов, так как качество регулирования зависит не только от точности отработки исполнительным механизмом управляющего сигнала, но и от точности измерения влажности. Сотрудниками кафедры разработан электронный блок измерителя влажности нефтепродуктов, электрическая схема которого обеспечивает стабильные измерения с точностью 0,5% влажности и надежную защиту от помех. Схемные параметры блока оптимизированы по точности и энергопотреблению [6]. Для этого были синтезированы математические модели, адекватно

отражающие зависимость потребляемой мощности и погрешности измерений от схемных параметров влагомера.

Разработаны новые датчики для измерения влажности жидких диэлектриков, удовлетворяющие современным требованиям измерения влажности в потоке, имеющие высокую стабильность и чувствительность (6 пФ/%) [7]. Получено математическое выражение для вычисления параметров таких датчиков с учетом влияния краевых эффектов.

Актуален также вопрос увлажнения сыпучих веществ (зерна перед помолом, песка для приготовления бетонной смеси и т.д.). Система АРПВ, снабженная нужным датчиком, пригодна для таких функций. На кафедре разработан новый датчик влажности сыпучих материалов, разрешающий отбирать пробы в любой точке общего объема, уплотнять пробу с одинаковым усилием с помощью подвижной системы заслонок и учитывать влияние от изменения температуры, что в целом обеспечивает хорошую воспроизводимость измерений.

Разработаны опытные образцы устройств для измерения влажности бетонных покрытий, которые позволяют с достаточной точностью (погрешность - не более 1,0%) измерять влажность в диапазоне от 0 до 30%.

Для калибровки и поверки подобных систем (касательно сыпучих материалов) предложен ряд конструкций имитаторов влажных сыпучих материалов лабораторного и полевого исполнения, предназначенных для ускорения процесса поверки. Имитаторы работают в диапазоне от 0 до 50% влажности и обеспечивают точность не ниже 0,15%.

Измерение и регулирование влажности газов (в частности природного газа) также является актуальной задачей. Проведен анализ методов измерения влажности газов, анализ современных первичных преобразователей влажности газов и соответствующих средств измерения. Намечены пути их совершенствования.

По данному направлению в течение шести лет опубликовано 46 печатных научных трудов, среди них - 14 патентов Украины на изобретения, защищена одна кандидатская диссертация, результаты исследований внедрены на шести предприятиях.

Необходимость разработки и исследования систем измерения количества топлива обусловлена тем, что, во-первых, расходомеры целесообразно применять для определения мгновенного расхода топлива, так как в процессе полета у них накапливается погрешность и вычисленный остаток топлива заведомо будет ложным; во-вторых, дисбаланс массы топлива в крыльях летательного аппарата ухудшает его устойчивость и управляемость; в-третьих, существующие емкостные преобразователи уровня топлива чувствительны к изменению его диэлектрической проницаемости и их погрешность составляет минимум 7%.

Исследования в области измерения уровня диэлектрических веществ позволили разработать частотный емкостный метод преобразования уровня топлива и синтезировать инвариантные (не чувствительные к изменению диэлектрической проницаемости вещества) емкостные первичные преобразователи уровня топлива. Частотный емкостный метод основан на использовании длинных линий, которые дали возможность обеспечить дистанционность измерений и устойчивость к воздействиям окружающей среды. Инвариантные емкостные первичные преобразователи уровня топлива состоят из двух датчиков уровня топлива, что позволило избавиться от перечисленных выше недостатков, особенно при использовании различных видов топлива.

На основе разработанного метода и первичных преобразователей была создана измерительно-вычислительная система уровня топлива, которая может применяться не только на летательных аппаратах, но и в других сферах. К ее особенностям следует отнести универсальность, позволяющую

измерять уровень как жидких, так и сыпучих диэлектрических веществ. Например, измерение уровня сыпучих веществ не будет зависеть от состава и влажности вещества. Имеется также возможность по интегральной диэлектрической проницаемости идентифицировать тип вещества или процентное содержание влажности. Использование данной системы в наземных транспортных средствах дало возможность точно определять остаток топлива и идентифицировать его тип. Конструкция инвариантных емкостных первичных преобразователей позволяет легко устанавливать их на летательных аппаратах взамен существующих. К тому же широкие возможности этих преобразователей позволяют использовать их в технологических процессах для измерения в цистернах и бункерах уровня таких жидких и сыпучих веществ, как нефтепродукты, вода, пищевые и химические продукты.

В рамках этой тематики сотрудниками кафедры разработана и исследована также компьютерная система контроля и диагностики герметичности цилиндропоршневой группы и клапанов двигателя автомобиля. Предложены новые конструкции топливомеров.

Основные положения этих исследований были доложены на 15 международных конференциях и опубликованы в 11 статьях и 12 тезисах докладов, получено четыре патента Украины на изобретения, защищено две кандидатские диссертации.

Одним из направлений научных исследований, проводимых на кафедре, является разработка методов и программно-аппаратных средств проектирования диагностического обеспечения приборных комплексов.

Актуальность данного направления вызвана тем, что эффективность функционирования бортовых приборных комплексов в существенной степени зависит от того, насколько оптимально они были спроектированы, правильно ли выбраны методы их контроля, насколько рационально построена структура самих автоматизированных средств

контроля и диагностического обеспечения.

Для повышения эффективности решения задач контроля в автоматизированных системах диагностирования разработаны методы преобразования диагностических моделей, анализа и синтеза диагностических алгоритмов, синтеза настраиваемых алгоритмических преобразователей, которые позволяют создавать эффективные диагностические алгоритмы.

Созданы аппаратные средства инструментальной поддержки, которые могут быть использованы в качестве специальных математических сопроцессоров для реализации соответствующих макрокоманд. Разработаны средства аппаратной поддержки решения комбинаторных задач, диагностические процессоры, автоматизированные средства контроля.

Для автоматизации процесса анализа и разработки алгоритмических структур, решения поэтапных задач разработки диагностического обеспечения создан программный комплекс, решающий задачи построения оптимальных контрольных и диагностических тестов, адаптивных диагностических алгоритмов.

Разработанные аппаратные средства защищены патентами Украины, а программное обеспечение прошло регистрацию в Государственном департаменте интеллектуальной собственности.

Применение разработанного программно-аппаратного комплекса позволяет автоматизировать процесс анализа и разработки диагностического обеспечения, сократить сроки разработки, повысить достоверность и качество получаемых результатов путем исключения субъективных факторов.

Результаты научно-исследовательских работ по данной тематике докладывались и обсуждались на 14 конференциях; опубликованы в 48 работах, из них четыре статьи в научных журналах, пять статей в сборниках научных трудов, 16 патентов Украины, девять свидетельств Государственной регистрации прав автора на произведение - компьютерные программы, 14 тезисов конференций. Защищена

одна кандидатская диссертация.

На кафедре авиационных приборов и измерений в сотрудничестве с Центром по сертификации авиационной техники "Авиатест" и ООО "Инженерное бюро авиационного института" проводятся научно-исследовательские работы, направленные на повышение точности тензорезисторных средств измерительной техники (СИТ), предназначенных для измерения таких механических величин, как масса, сила, давление, деформация и крутящий момент, СИТ влажности различных веществ и материалов, СИТ, используемых при геофизических исследованиях скважин, а также совершенствование их метрологического обеспечения.

Одним из основных направлений научных исследований в этой области является разработка структурно-алгоритмических методов повышения точности тензорезисторных СИТ. В частности, разработаны:

- метод диагностирования отслоения тензорезистора, который позволяет осуществлять контроль чувствительности мостовых измерительных схем в штатном режиме функционирования СИТ отдельно от остальных функциональных узлов;
- способ компенсации температурной погрешности тензорезисторных СИТ, дающий возможность повысить их точность при работе в нестационарных тепловых полях;
- метод компенсации влияния на крановые весы низкочастотных динамических помех, позволяющий повысить точность и быстродействие весов при работе в условиях раскачивания груза.

Другим важным направлением является создание СИТ и их метрологического обеспечения для натурных испытаний конструкций транспортных средств. В частности, обеспечение требуемой точности средств измерения силы при таких испытаниях требует периодического контроля метрологических характеристик динамометров. Современные средства их калибровки отличаются

большими массогабаритными параметрами и стоимостью, а процесс калибровки требует демонтажа динамометров с объекта испытаний. Если же динамометры работают при усталостных испытаниях конструкций, которые проводятся в непрерывном режиме длительное время, то их демонтаж вообще невозможен. Анализ принципов воспроизведения силы показал, что создать калибратор для динамометров, удовлетворяющий требованиям по точности и габаритным параметрам, позволяет тепловой метод. На его основе разработан калибратор силы, на устройство которого получен патент. Такой калибратор становится конструктивной частью динамометра и дает возможность воспроизводить несколько калибровочных точек с высокой точностью при контроле метрологических характеристик динамометра в процессе его эксплуатации.

Существенным вопросом повышения точности измерений при натурных испытаниях является расширение полосы пропускания измерительных каналов испытательной системы. При динамических испытаниях транспортных средств регистрируются переменные процессы, что связано с появлением существенной динамической погрешности. Для ее компенсации разработан метод коррекции результатов измерений, реализуемый измерительной системой программным путем. Метод использует принцип регуляризации для решения обратных операторных уравнений и заключается в поиске входного сигнала по известному выходному и передаточной характеристике измерительного канала с применением дискретного вейвлет-преобразования функций. Алгоритм коррекции результатов измерений использован в системах для динамических испытаний транспортных средств типа ВНП-9, выпускаемых ООО «Инженерное бюро авиационного института».

Следующим направлением НИР являются исследования по совершенствованию комплексного метода повышения точности СИТ, позволяющего

строить высокоточные структурно-избыточные устройства и системы из относительно неточных подсистем. На основе указанного метода комплексирования разработан измеритель влажности древесины повышенной точности, реализующий два метода измерения влажности – кондуктометрический и диэлькометрический.

Постоянно ведутся работы по созданию структур и алгоритмов интеллектуальных СИТ, построенных на базе современных микроконтроллеров, микроконвертеров и цифровых сигнальных процессоров. В частности, разработано семейство каротажных тензометрических систем, используемых при геофизических исследованиях скважин для измерения силы натяжения каротажного кабеля, глубины погружения каротажных приборов и других параметров. Особое внимание уделяется вопросу создания распределенных измерительных систем с беспроводными каналами связи. Для построения весоизмерительных систем, автомобильных, крановых и других весов с радиointерфейсом исследуется возможность использования технологии ZigBee, позволяющей строить беспроводные персональные сети WPAN, основанные на едином глобальном стандарте.

Результаты исследований по этим направлениям доведены до практических реализаций. Разработаны и внедрены в серийное производство на предприятиях «Авиатест», МГП «Инженерное бюро ХАИ» и ООО «Инженерное бюро авиационного института» влагомеры древесины «Кедр-1», «Кедр-2», влагомеры нефтепродуктов «Нефть-2», крановые весы ВК, ВКМ, ВКР, бункерные весоизмерительные системы ВИПС, ВИКС, платформенные, автомобильные и авиационные весы, каротажные тензометрические системы КТРС-10, КТС-10, КТИС-10, многоканальные тензометрические измерительные системы для статических и динамических испытаний конструкций ВНП-7, ВНП-7М, ВНП-8, ВНП-9 и др. Опубликовано 50 статей и тезисов докладов, получено семь патентов.

Созданные приборы и системы эксплуатируются на десятках предприятий Украины ближнего и дальнего зарубежья, в том числе на заводе «Криворожсталь», АНТК им. О.К. Антонова, Енакиевском металлургическом заводе, ОАО «Днепровагонмаш», Крюковском вагоностроительном заводе и т. д.

Особенностью НИР по указанным направлениям является их практическая значимость, так как даже промежуточные результаты исследований используются в технических разработках изготовителей измерительной техники. Так, например, ГНПО «Коммунар» (г. Харьков) выпускает опытные экземпляры автоматизированных тензометрических ИИС типа «АТИС» и «АТИС - М», базой которых являются разработки подобных систем, выполненные сотрудниками кафедры в 2000 – 2002 гг. Системы применяют при сертификационных испытаниях самолетов в АТНК «Антонов».

Результаты исследований представляют интерес и для иностранных пользователей измерительной техники. Так, сотрудник кафедры Науменко А.М. консультировал и проводил семинары в Пекинском авиационном институте в 2006 г. по вопросам автоматизации прочностных исследований авиационных конструкций (договор от 15 ноября 2006 г.). Сотрудничество в области автоматизации натуральных испытаний проводится также с отечественными ведущими предприятиями - АНТК им. О.К. Антонова, Запорожским моторостроительным объединением «Мотор - Сич», Крюковским вагоностроительным заводом.

Выводы и перспективы

Разработанные на кафедре системы, устройства и программные продукты рекомендуются и планируются для широкого внедрения на промышленных предприятиях. Научные исследования по перечисленным выше направлениям будут продолжаться, особое внимание будет уделено вопросам измерения и

регулирования влажности газов, разработке системы для определения свойств горных пород в процессе бурения скважин, усовершенствованию созданных преобразователей уровня топлива и средств для измерения механических величин.

Литература

1. Кошевой Н.Д., Гаевой В.А. Автоматизация экспериментальных исследований: Монография. – Харьков: Факт, 2001. – 112 с.
2. Кошевой Н.Д., Гаевой В.А. Автоматизация процессов нанесения покрытий: Монография. – Харьков: Факт, 2001. – 120 с.
3. Кошевой Н.Д., Светличный А.В. Микроконтроллерное устройство управления каротажем в процессе бурения// Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков: ХАИ, 2006. – Вып. 30. – С. 166-170.
4. Кошовий М.Д., Заболотний О.В. Ефективні засоби автоматизації процесу емульгування рідких видів палива// Енергозбереження, енергетика, энергоаудит. –2005. – №6. – С.50-53.
5. Кошовий М.Д., Заболотний О.В. Поліпшення техніко-економічних та екологічних характеристик засобів реалізації процесу спалювання рідкого палива в котельнях// Нафтова і газова промисловість. – 2006. - № 5. – С.47-50.
6. Кошевой Н.Д., Заболотный А.В. Разработка, исследование и оптимизация устройства для контроля качества диэлектрических материалов// Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2004. –№ 1. – С. 39-42.
7. Кошовий М.Д., Заболотний О.В. Особливості метрологічного забезпечення переносних дількометричних вологомірів// Український метрологічний журнал. – 2004. – Вип. 1. – С.48-51.

Поступила в редакцію 16.03.2007

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Е.В. Бодянский, Харьковский национальный университет радиозлектроники, Харьков.