

УДК 001.891

**Н.Д. КОШЕВОЙ***Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина***НАУЧНАЯ ШКОЛА АВИАЦИОННЫХ ПРИБОРОВ И ИЗМЕРЕНИЙ**

*Описаны научные результаты, полученные научной школой авиационных приборов и измерений. При этом особое внимание уделено следующим научным направлениям: автоматизация экспериментальных исследований сложных объектов; разработка и исследования измерительных преобразователей влажности сыпучих, пастообразных и жидких материалов; разработка и исследование систем измерения количества топлива; автоматизированные системы контроля сложных объектов; структурно-алгоритмические методы повышения точности средств измерительной техники. Перечислены основные разработки, которые доведены до практической реализации в организациях и на предприятиях. Намечены перспективы дальнейших исследований научной школы.*

**Ключевые слова:** авиационные приборы, измерения, научные исследования.

**Введение**

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

Научно-исследовательские работы, выполняемые сотрудниками школы авиационных приборов и измерений, соответствуют профилю подготовки выпускаемых специалистов. Руководят научными исследованиями наиболее авторитетные ученые той или иной области знаний, имеющие достаточный опыт работы и поиска в исследуемых областях. Среди них доктор технических наук, профессор, лауреат Государственной премии Украины в области науки и техники Н.Д. Кошевой, кандидаты технических наук, доценты В.А. Заболотный, А.М. Науменко, В.А. Дергачев, Г.А. Черепашук, В.А. Кныш.

Несмотря на снижение уровня финансирования, ученые школы продолжают серьезные научные поиски по следующим направлениям:

– автоматизация экспериментальных исследований сложных объектов (руководитель – Н.Д. Кошевой);

– разработка и исследование измерительных преобразователей влажности сыпучих, пастообразных и жидких материалов (руководитель – В.А. Заболотный);

– разработка и исследование систем измерения количества топлива (руководители – Н.Д. Кошевой, В.А. Кныш);

– автоматизированные системы контроля сложных объектов (руководители – В.А. Дергачев, Н.Д. Кошевой);

– метрологическое обеспечение динамических измерений механических величин (руководитель – А.М. Науменко);

– рабочие эталоны и переходные меры электрического сопротивления (руководитель – А.М. Науменко);

– структурно-алгоритмические методы повышения точности измерений (руководитель – Г.А. Черепашук).

Основные итоги проведения научно-исследовательских работ по направлению «автоматизации экспериментальных исследований сложных объектов»:

– предложены методы идентификации статических и динамических объектов, на основе оптимального планирования эксперимента;

– разработан новый комбинаторно-групповой подход к решению задач построения оптимальных по стоимостным и временным затратам планов эксперимента [1];

– создано алгоритмическое и программное обеспечение для автоматизированного построения планов многофакторного эксперимента, которое позволяет сократить время эксперимента и снизить его стоимость, а также для построения математических моделей [2]. Один из пакетов прикладных программ по автоматизации планирования эксперимента зарегистрирован в Фонде алгоритмов и программ Украины за № П6434 от 12.05.98 г., остальные в Государственном департаменте интеллектуальной собственности МОН Украины (№№ 6015, 9115, 16002, 18150, 29920, 29921, 31824);

– получено 10 авторских свидетельств и 32 патента Украины, в том числе 15 изобретений по датчикам давления, опубликованы ряд статей, тезисов докладов, монография [3], справочник [4], учебное пособие с грифом МОНУ [5], результаты исследований апробировались на международных конференциях и симпозиумах;

– ведутся перспективные исследования, направленные на автоматизацию каротажных измерений для бурильных и геофизических работ (получено 3 патента Украины);

– разработаны измерительные преобразователи угла поворота в цифровой код, которые защищены 6 патентами Украины.

По результатам научно-исследовательских работ данного направления защищена одна докторская и три кандидатские диссертации.

Сотрудниками научной школы продолжается работа над усовершенствованием изготовленного ранее опытного образца системы автоматического регулирования подачи воды в жидкое топливо. Предложен ряд новых конструктивных решений, которые позволили сохранить точность дозирования предыдущего варианта [6] и простоту аппаратной реализации для случая использования большого количества электроклапанов исполнительного меха-

низма (восемь и более) [7]. Система автоматического регулирования подачи воды в жидкое топливо имеет следующие преимущества по сравнению с аналогами: малые габариты, высокую точность дозирования, гибкость конструкции и низкую стоимость.

Продолжается работа по усовершенствованию первичных и вторичных измерительных преобразователей влажности жидких, сыпучих, пастообразных и твердых материалов, направленная на повышение точности и чувствительности измерений. Выполнено моделирование статических характеристик преобразования предложенных первичных и вторичных преобразователей, позволяющих учитывать влияние различных дополнительных погрешностей. Также получены математические модели, позволяющие осуществить оптимизацию этих преобразователей по точности и чувствительности [8].

Осуществлен анализ перспективных способов измерения влажности, в результате чего был предложен ряд усовершенствованных способов, позволяющих значительно уменьшить погрешность от изменения типа материала, гранулометрического состава и температуры [9, 10].

По данному направлению в течение девяти лет опубликованы 58 печатных научных трудов, среди них 17 патентов Украины на изобретения, защищена кандидатская диссертация.

На предприятиях различных отраслей промышленности важным процессом является контроль толщины диэлектрических покрытий на металлических поверхностях. Этот процесс обеспечивает высокие показатели эргономики, длительный срок службы и безопасность работы с изделиями.

При исследовании технологических процессов нанесения диэлектрических покрытий на металлические изделия получены математические модели, которые описывают физические процессы в магнитной системе вихретоковых преобразователей, что позволило создать рекомендации относительно выбора оптимальных конструктивных параметров датчиков. Разработанный вихретоковый метод неразрушающего контроля параметров диэлектрических покрытий на металлических поверхностях и конструктивные решения, которые его реализуют, нашли применение при создании аппаратных средств систем управления технологическими процессами нанесения покрытий и построении приборов для измерения толщины диэлектрических покрытий.

Использование первичных преобразователей с предложенной конструкцией и параметрами магнитной системы, которые получены по разработанным математическим моделям, дало возможность создавать измерительные приборы и элементы систем

управления технологическими процессами, которые позволяют контролировать и измерять параметры защитных покрытий на металлических изделиях с погрешностью менее чем 0,3 процента, что дает выигрыш относительно существующих разработок в четыре раза.

Эффективность научных исследований подтверждается созданием опытных образцов и экспериментальных систем, построенных на основе расчетных данных, полученных согласно предложенным методикам и теоретическим принципам, и внедрением в практику предприятий и организаций.

Основные материалы разработок апробированы на 17 Международных научно-технических конференциях и опубликованы в 46 научных трудах, 14 патентах Украины, 2 свидетельствах о регистрации авторского права на произведение, 18 тезисах докладов научно-технических конференций. Защищена кандидатская диссертация.

Целью научного исследования «разработка и исследование систем измерения количества топлива на транспортных и промышленных объектах» является изучение условий эксплуатации и критических режимов работы объекта, которые позволят определить тип первичного преобразователя, его функциональность и алгоритмы обработки информации. Разработанные системы измерения количества топлива базируются на инвариантных преобразователях и алгоритмах коррекции и компенсации внешних воздействий, которые позволили определять уровень двухфазных жидкостей с содержанием подтоварной воды. Проведенные исследования измерения количества топлива на транспортных средствах в режиме движения позволили определить характер поведения жидкости в баках и обосновать основные параметры модели жидкости с целью уменьшения погрешности ее колебаний [11]. Разработаны конструкции инвариантных преобразователей, вторичные преобразователи и алгоритмы обработки информации, позволяющие повысить точность измерений в условиях внешних воздействий.

Основные положения были доложены на 10 международных конференциях и опубликованы в 18 статьях и тезисах докладов, получено 4 патента Украины на изобретения, защищена кандидатская диссертация.

Сокращение длительности простоев авиационной техники может быть достигнуто путем уменьшения времени определения работоспособности объектов авиационного оборудования и поиска места отказа в них. Эта проблема может быть решена путем разработки и внедрения в эксплуатацию прогрессивных методов и средств контроля технического состояния.

Для решения данной проблемы предлагается новый подход к построению контрольных и диагностических тестов, в основе которого лежит сведение задачи построения контрольных и диагностических тестов к классу комбинаторных задач. Разработаны эффективные методы построения оптимальных процедур диагностирования. Для автоматизации этого процесса предлагается использовать разработанные программно-аппаратурные средства, применение которых позволит сократить сроки проектирования, повысить достоверность получаемых результатов за счет исключения субъективных факторов, и в конечном итоге, за счет выбора оптимальных диагностических процедур – повысить эффективность эксплуатации авиационного транспорта. Предложенные системы контроля защищены 10 патентами Украины.

Разработаны высокоточные, надежные, малогабаритные, обладающие простотой конструкции и низкой стоимостью бесконтактные измерители постоянных токов. Они могут найти широкое применение в системах контроля и управления. На многоканальные бесконтактные измерители постоянных токов получены три патента Украины, защищена кандидатская диссертация.

Сотрудниками научной школы разработана и исследована компьютерная система контроля и диагностики герметичности цилиндро-поршневой группы и клапанов двигателя автомобиля. Основные положения этих исследований были доложены на 3 международных конференциях и опубликованы в 7 статьях и тезисах докладов, защищена кандидатская диссертация. Ведутся разработки по созданию современных систем контроля и управления расходом топлива в ДВС, которые защищены 4 патентами Украины.

Сотрудниками научной школы 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, 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 кон-

троль 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, выпускае-

мых 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 радиоинтерфейсом 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", МПП "Инженерное бюро ХАИ" и ООО "Инженерное бюро авиационного института" влагомеры древесины «Кедр-1», «Кедр-2», влагомеры нефтепродуктов «Нефть-2», крановые весы ВК, ВКМ, ВКР, авиационные весы типа ВАТ, 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, ВНП-10, комплекс силоизмерительный "МЕСДОЗА", измеритель силы натяжения буксировочного троса дельтаплана.

Опубликовано 80 статей и тезисов докладов, получено сем патентов, защищены две кандидатские диссертации. Результаты исследований апробировались на международных научно-технических конференциях, в том числе в Болгарии (г.Созополь), международных и национальных выставках. 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 «Днепрвагонмаш», 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 научной школы в 2000 - 2002 гг. Системы применяют при сертификационных испытаниях самолетов в АТНК «Антонов».

Результаты исследований представляют интерес и для иностранных пользователей измерительной техники. Так, доцент 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 – ГП«Антонов», Запорожским моторостроительным объединением «МоторСич», ОАО "Крюковский вагоностроительный завод".

## Выводы и перспективы

Разработанные научной школой системы, устройства и программные продукты рекомендуются и планируются для широкого внедрения на промышленных предприятиях. Результаты научных исследований положены в основу двух изданных с грифом МОН Украины учебников [12, 13] и двух учебников и учебного пособия, подготовленных к печати с данным грифом. Научные исследования по перечисленным выше направлениям будут продолжаться, особое внимание будет уделено разработке программно-аппаратных средств по автоматизации оптимального планирования эксперимента, вопросам измерения и регулирования влажности газов и сыпучих материалов, проектированию современных систем контроля и управления расходом топлива, усовершенствованию средств для измерения механических величин.

## Литература

1. Кошевой Н.Д. Метод итерационного планирования оптимальных по стоимостным и времен-

ным затратам экспериментов / Н.Д. Кошевой, Е.М.Костенко // Збірник наукових праць військового інституту Київського національного університету імені Т. Шевченка. – К., 2009. – Вип. 19. – С. 44-48.

2. Кошевой Н.Д. Повышение эффективности экспериментальных исследований промышленных объектов / Н.Д.Кошевой, В.А.Гаевой // Стратегія економічного розвитку України: Науковий збірник. – К.: КНЕУ, 2002. – Вип. 1 (8). – С. 197-203.

3. Кошевой Н.Д. Автоматизация экспериментальных исследований: Монография / Н.Д. Кошевой, В.А. Гаевой. – Х.: ФАКТ, 2001. – 112 с.

4. Датчики: Справочное пособие / Шарипов В.М., Полищук Е.С., Гуржий А.Н., Кошевой Н.Д. и др. / Черкасы: Брама-Украина, 2008. – 1072 с.

5. Кошовий М.Д. Теорія і практика планування експериментів: навч. Посібник / М.Д. Кошовий, А.Г. Михайлов – Х: Нац. аерокосм. ун-т «Харк. авіац. ін-т». – 2009. – 155 с.

6. Заболотний О.В. Поліпшення техніко - економічних та екологічних характеристик засобів реалізації процесу спалювання рідкого палива в котельних / О.В. Заболотний, М.Д. Кошовий // Нафтова і газова промисловість. – К.: НАК «Нафтогаз України», 2006. – № 5. – С. 47-50.

7. Заболотний О.В. Система автоматичного керування процесом підготування мазуту до спалювання / О.В. Заболотний, В.А. Заболотний, М.Д. Кошовий // Радіоелектроніка. Інформатика. Управління. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2005. – № 2 (14). – С. 137-142.

8. Заболотний О.В. Оцінювання впливу змінного гранулометричного складу сипкого матеріалу на результат вимірювання вологості / О.В. Заболотний, М.Д. Кошовий, А.Н. Саттаров // Метрологія та прилади. – Х.: ДП «Харківстандартметрологія». – 2010. – № 1. – С. 25-31.

9. Заболотний О.В. Вимірювання вологості нафтопродуктів / О.В. Заболотний, М.Д. Кошовий // Метрологія та прилади. – Х.: ДП «Харківстандартметрологія». – 2008. – № 1 (9). – С. 36-41.

10. Заболотний А.В. Лабораторний измеритель влажности нефтепродуктов повышенной точности / А.В. Заболотный // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – М.: Научтехиздат, 2008. – №3. – С. 48-52.

11. Кошовий М.Д. Зменшення динамічної похибки перетворювачів рівня палива рухомих об'єктів / М.Д. Кошовий, В.О. Книш // Збірник наукових праць військового інституту Київського національного університету ім. Тараса Шевченка. – К., 2008. – Вип. 16. – С. 45-47.

12. Брехин Н.И. Методы и средства измерения параметров движения самолетов: Учебник / Н.И. Брехин, Н.Д. Кошевой. – Х.: ФАКТ, 2004. – 344 с.

13. Гордиенко В.А. Оборудование самолетов: Учебник / В.А. Гордиенко, Н.Д. Кошевой. – Х.: Нац. аерокосм. ун-т «Харьк. авиаци. ин-т», 2005. – 261 с.

Поступила в редакцию 28.04.2010

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой информатики А.Ю. Соколов, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "ХАИ", Харьков, Украина.

### НАУКОВА ШКОЛА АВІАЦІЙНИХ ПРИЛАДІВ І ВИМІРЮВАНЬ

*М.Д. Кошовий*

Описані наукові результати, які отримані науковою школою авіаційних приладів і вимірювань. При цьому особливу увагу звернено до наступних наукових напрямків: автоматизація експериментальних досліджень складних об'єктів; розробка та дослідження вимірювальних перетворювачів вологості сипких, пасто-подібних і рідких матеріалів; розробка і дослідження систем вимірювання кількості палива; автоматизовані системи контролю складних об'єктів; структурно-алгоритмічні методи підвищення точності засобів вимірювальної техніки. Перераховані основні розробки, які доведені до практичної реалізації в організаціях і на підприємствах. Намічені перспективи подальших досліджень наукової школи.

**Ключові слова:** авіаційні прилади, вимірювання, наукові дослідження.

### SCIENTIFIC SCHOOL OF THE AVIATION DEVICES AND MEASUREMENTS

*N.D. Koshevoy*

Scientific results, obtained with an aviation devices and measurements scientific school, are described. Among all the results such a scientific directions are most meaningful: automation of the experimental researches of complex objects, researches and development of the humidity meters for dry and liquid materials, researches and development of the fuel quantity measuring systems, automated systems for complex objects control, structural and algorithmic methods of the measuring devices accuracy increase. Basic results, that has practical embodiment in different enterprises and organizations, are listed. Prospects for further researches are presented.

**Key words:** aviation devices, measurements, scientific researches.

**Кошевой Николай Дмитриевич** – д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой авиационных приборов и измерений, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "ХАИ", Харьков, Украина.