

УДК 001.891

**Н.Д. Кошевой, П.И. Коваленко, В.А. Дергачев, А.М. Науменко,
Г.А. Черепашук, А.В. Заболотный**

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "ХАИ"

НАПРАВЛЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ КАФЕДРЫ АВИАЦИОННЫХ ПРИБОРОВ И ИЗМЕРЕНИЙ

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

авиационные приборы и измерения, научные исследования

Научно-исследовательской деятельностью занимается весь профессорско-преподавательский состав, инженеры и аспиранты кафедры. Тематика НИР соответствует 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 Кошевой Н.Д., кандидаты технических наук, доценты Коваленко П.И., Науменко А.М., Дергачев В.А., Черепашук Г.А.

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

- автоматизация экспериментальных исследований сложных объектов (руководитель Кошевой Н.Д.);
- разработка и исследование измерительных преобразователей влажности сыпучих, пастообразных и жидких материалов (руководитель Кошевой Н.Д.);
- автоматизация процессов измерения толщины диэлектрических покрытий (руководитель Кошевой Н.Д.);
- разработка и исследование систем измерения количества топлива (руководитель Коваленко П.И.);

- автоматизированные системы контроля сложных объектов (руководители Дергачев В.А., Кошевой Н.Д.);
- метрологическое обеспечение динамических измерений механических величин (руководитель Науменко А.М.);
- рабочие эталоны и переходные меры электрического сопротивления (руководитель Науменко А.М.);
- структурно-алгоритмические методы повышения точности измерений (руководитель Черепашук Г.А.).

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

- предложены методы идентификации статических и динамических объектов на основе планирования эксперимента;
- разработан новый комбинаторно-групповой подход к решению задач построения оптимальных по стоимости планов эксперимента [1];
- создано алгоритмическое и программное обеспечение для автоматизированного построения планов многофакторного эксперимента, которое позволяет сократить время эксперимента и уменьшить его стоимость, а также для построения математических моделей [2]. Один из трех пакетов прикладных программ по автоматизации планирования эксперимента зарегистрирован в Фонде алгоритмов и программ Украины за №П6434 от 12.05.1998 г., два других в Государственном Департаменте интеллектуальной собственности МОН Украины (№ 6015 и № 9115) ;
- получено 10 авторских свидетельств и 19 патентов Украины, в том числе 14 изобретений по датчикам давления, опубликованы ряд статей, тезисов докладов, монография [3], результаты исследований апробировались на международных конференциях и симпозиумах;
- ведутся перспективные исследования, направленные на автоматизацию каротажных измерений для бурильных и геофизических работ.

Сотрудниками кафедры предложен, разработан и изготовлен опытный образец системы автоматического регулирования подачи воды в жидкое топливо (АРПВ) с усовершенствованным методом управления электроклапанами исполнительного механизма. Выполнено моделирование режимов

работы системы с целью обеспечения высокой точности регулирования. Опытный образец системы предназначен для автоматического регулирования подачи воды в смесительный резервуар роторно-пульсационного аппарата с целью 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 (погрешность не ниже 1%). Структура системы усовершенствована за счет применения регулятора расхода воды на основе двоично-реверсивного счетчика, снабженного датчиком скорости отработки управляющего сигнала.

Система автоматического регулирования подачи воды в жидкое топливо имеет следующие преимущества по сравнению с аналогами: малые габариты, высокую точность дозирования (при условии использования восьми электроклапанов погрешность может достигать 0,5%), гибкость конструкции и низкую стоимость (в 2 – 3 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, а и от точности измерения влажности. Сотрудниками кафедры разработан электронный блок измерителя влажности нефтепродуктов, электрическая схема которого обеспечивает стабильные измерения (погрешность не превышает 0,5%) и надежную защиту от помех. Схемные параметры блока оптимизированы по точности и энергопотреблению. 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/%). Получено математическое выражение для вычисления параметров таких датчиков с учетом влияния краевых эффектов.

Актуален также вопрос увлажнения сыпучих веществ (зерна перед помолотом, песка для приготовления бетонной смеси в т.д.). Система автоматического регулирования подачи воды в жидкое топливо, снабженная нужным датчиком, пригодна для таких функций. На кафедре разработан новый датчик влажности сыпучих материалов, позволяющий 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.

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 высокую точность.

По данному направлению в течение четырех лет опубликованы тридцать два печатных научных труда, среди них четырнадцать патентов Украины на изобретения.

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.

Сотрудниками кафедры предложено несколько вариантов измерителей толщины таких покрытий, схемные решения и конструкции которых защищены четырьмя патентами Украины. В качестве датчика в этих устройствах используется усовершенствованный накладной вихретоковый преобразователь.

Измерители реализованы на современной элементной базе, причем вместо измерительных обмоток в накладном вихретоковом преобразователе используются датчики Холла, а измерительная система выполнена на базе микроконтроллера серии PIC.

Основные положения исследований были апробированы на 5 международных конференциях и опубликованы в 4 статьях и 7 тезисах докладов.

Целью научного направления «разработка и исследование систем измерения количества топлива» является создание оптимальной измерительной системы, способной с повышенной точностью измерять количество топлива в баках произвольной формы и инвариантной к расположению топлива и его сорту. В основу разработки положен радиоволновой метод с использованием длинных линий [4], что дало возможность обеспечить дистанционность измерений, повышенную чувствительность и точность при минимальном количестве соединительных линий. Разработаны конструкции универсальных датчиков для измерения количества топлива, спроектирована измерительная система, разработаны алгоритмы обработки информации, позволяющие линеаризовать характеристики и скомпенсировать сортовую погрешность.

Основные положения исследований были доложены на 8 международных конференциях и опубликованы в 11 статьях и тезисах докладов, получено три патента Украины на изобретения.

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.

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.

Сотрудниками кафедры 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, например в работе [5].

Применение динамического взвешивания движущихся грузов существенно снижает затраты как на саму процедуру взвешивания, так и на весоизмерительную технику, но требует разработки метрологического обеспечения динамического взвешивания и эта тема решается по двум направлениям. Разработаны принципы выявления дополнительного динамического воздействия на весы при наезде движущегося груза (автомобиля, вагона) на грузоприемную платформу весов и вводится соответствующая поправка в результат измерения. Созданы измерительные каналы для коррекции этого результата путем измерения возникающего динамического ускорения и оценивания динамической составляющей погрешности. Реализация этого принципа в практических разработках (исполнители-разработчики доц. Черепашук Г.А. и аспирант Потыльчак А.П.) позволила уменьшить погрешность динамического взвешивания до $(0,5 - 0,8)\%$, что приближает по точности процесс взвешивания в движении к статическому взвешиванию, но существенно уменьшает длительность и трудоемкость такого взвешивания.

Вторым направлением этой темы является разработка принципа, методики и аппаратуры испытания весов для их доводки и метрологической аттестации. Предложен (доц. Науменко А.М., ассистент Чебыкина Т.В.) метод измерения переходной характеристики весов и по результатам измерений разрабатываются рекомендации по совершенствованию весов и алгоритмов обработки измерительной информации, а также делается вывод о соответствии весов предъявленным техническим требованиям.

При этом в настоящее время разрабатывается следующее оборудование:

1) весо- и силоизмерительное: электронные крановые весы разной грузоподъемности, бункерные и платформенные весы, системы весового контроля, универсальные весовые терминалы, тензометрические датчики, разнообразные весоизмерительные системы под заказ;

2) для бурильных и геофизических работ; каротажные тензометрические измерительные и регистрирующие системы КТС-10 КТСП-10, датчики момента на роторе буровой установки, датчики натяжения каната;

3) для статических и ресурсных испытаний транспортных средств, в том числе авиационных и железнодорожных.

Выпускаемые весо- и силоизмерители реализуют один из наиболее точных методов преобразования силы в электрический сигнал – тензометрический. В них широко используются современные средства вычислительной техники, в частности микроконвертеры фирмы Analog Devices. Это позволяет повысить точность СИТ, надежность и простоту в эксплуатации. Например, весы крановые, типа ВКМ имеют наибольший предел взвешивания до 20 т, приведенную погрешность не более 0,1% дискретность – 0,1 или 1 кг, диапазон рабочих температур $(-20 \dots +40)^\circ\text{C}$, связь с ПК или информационно-вычислительной сетью через интерфейсы RS-232 и RS-485. Выполняемые функции:

- сброс веса тары;
- сравнение с заданным весом;
- усреднение и суммирование веса;
- удержание результата взвешивания;
- предупреждение о перезагрузках и запоминание их;
- дистанционное переключение дискретности отсчета и яркости индикатора;
- самокалибровка и самодиагностика.

Одна из последних разработок – весоизмерительные системы типа ВИПС. Они предназначены для задания веса загружаемого в бункер материала, подачи сигнала на загрузку, определения веса материала в бункере, индикации текущего и заданного значений веса, контроля достижения за-

данного веса и подачи сигнала окончания загрузки с регистрацией результатов взвешивания с привязкой ко времени в энергонезависимой памяти.

Системы сертифицированы Государственным испытательным сертификационным центром взрывозащищенного и рудничного оборудования и выполнены во взрывозащищенном варианте с категорией Exib II BT4.

По результатам исследований опубликовано 23 статьи, получено 6 авторских свидетельств.

С проблемой повышения точности измерений связаны работы по совершенствованию принципов и средств передачи размера единицы физической величины от эталона – рабочим средствам, а также разработка структурно-алгоритмических методов повышения точности.

Выполнены исследования метрологических характеристик эксплуатируемых в Восточном регионе Украины рабочих эталонов (меры 1-го и 2-го разряда) электрического сопротивления. Получены закономерности изменения точности мер сопротивления и разработаны (соискатель Чепела В.Н.) рекомендации по совершенствованию мер, прогнозированию их метрологической надежности и необходимости замены, что обеспечивает реальную практическую точность измерения электрического сопротивления не хуже (0,02 – 0,05)%.

Важной в этом направлении является работа по разработке и совершенствованию системы переходных мер для передачи размера Ома от первичного эталона – рабочим и сличения первичных эталонов Ома разных лабораторий и стран. Выполненные исследования (аспирант Белоконь Е.Н.) позволили рекомендовать оптимальную структуру переходных мер, методику анализа их метрологических характеристик и уменьшить погрешность сличения эталона. Работы по совершенствованию эталонов внедрены в Харьковском РНПЦСМС. По результатам исследований опубликован 17 статей и получено 2 авторских свидетельства СССР и 2 патента Украины.

Актуальным направлением повышения точности и надежности измерений являются структурно-алгоритмические методы. Исследуются принципы повышения точности путем структурной избыточности измерительных каналов, их комплексирования, оперативной калибровки и адаптив-

ных алгоритмов обработки измерительной информации с помощью микропроцессоров. Разработаны (доц. Науменко А.М, доц. Чепешук Г.А.) структуры адаптивных измерительных каналов, принципы и схемы калибровки для силоизмерительных и весоизмерительных устройств, методы текущей коррекции характеристик измерительных каналов и оценивания их погрешностей. На основе проведенных исследований разрабатываются измерительные системы с адаптивной (на базе микропроцессоров) коррекцией коэффициентов преобразования, температурной погрешности, нелинейности характеристик и их временного изменения. Планируется внедрение результатов структурно-алгоритмических методов при создании тензометрических систем для ОКП им. О.К. Антонова, ИИС геолого-разведки (г. Полтава), диагностических систем железнодорожных составов и локомотивов (УкрНИИ вагоностроения). По результатам исследований опубликовано 22 статьи и получено 5 авторских свидетельств.

Литература

1. Кошевой Н.Д., Бестань С.Г., Дергачов В.А. Планирование эксперимента на основе комбинаторных конфигураций // Вісник СНУ. – 2001. – №3. – С.69 – 72.
2. Кошевой Н.Д., Гаевой В.А. Повышение эффективности экспериментальных исследований промышленных объектов // Стратегія економічного розвитку України: Науковий збірник. – Вип. 1 (8). – К.: КНЕУ, 2002. – С. 197 – 203.
3. Кошевой Н.Д., Гаевой В.А. Автоматизация экспериментальных исследований: Монография. – Х.: Факт, 2001. – 112 с.
4. Кныш В.А., Кошевой Н.Д., Коваленко П.И. Система контроля топлива в баке автомобиля // Вестник ХГАДТУ. – Х.:ХГАДТУ. – 2001. – Вып. 5. – С. 157 – 158.
5. Кошевой Н.Д., Сараева И.Ю. Экспериментальные исследования по оценке герметичности цилиндрической поршневой группы и клапанов двигателя автомобиля // Сборник трудов международной научно-технической конференции «Приборостроение – 2004». – Винница-Ялта, 2004. – С. 269 – 273.

Поступила в редакцию 8.04.2005