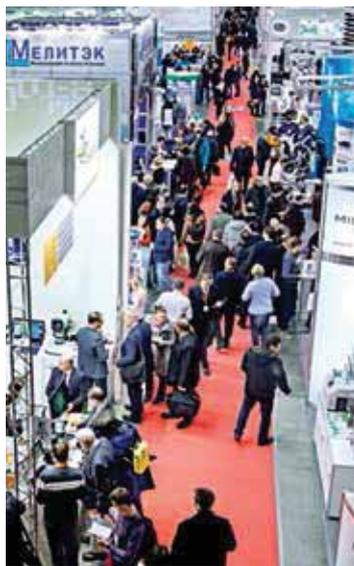




Вниманию читателей предлагается обзор докладов и выступлений участников Всероссийской конференции «Измерения. Испытания. Контроль», проходившей с 23 по 25 октября 2018 г. в рамках 15-ой Международной выставки испытательного и контрольно-измерительного оборудования «Testing & Control» в МВЦ «Крокус-Экспо» (г. Москва).

**А.А. Богоявленский,**  
кандидат технических наук,  
член-корреспондент  
Метрологической академии,  
главный метролог

**А.Е. Боков,**  
старший инженер отдела  
главного метролога  
ФГУП ГосНИИ ГА



## Измерения, испытания, контроль в аэрокосмической отрасли – состояние, тенденции, перспективы

Организатором конференции выступила международная компания ITC EXPO при поддержке Минпромторга России, Росстандарта, Роскосмоса, Российского союза промышленников и предпринимателей, Союза авиапроизводителей России, комитета Государственной Думы по обороне, Московской городской думы.

Конференция состояла из пленарного заседания и восьми тематических секций. Большая часть докладов посвящена состоянию, тенденциям и перспективам развития измерений, испытаний и контроля в аэрокосмической отрасли. Помимо этого обсуждались вопросы обеспечения единства измерений в условиях цифровой экономики; вопросы применения и безопасной эксплуатации беспилотных авиационных систем, в том числе с учетом влияющих факторов; перспективные направления подготовки кадров на базе практических научных результатов в условиях цифровой экономики, а также специалистов в области стандартизации. Всего на конференции было заслушано 53 доклада, с которыми вы-

ступили как руководители структурных подразделений Минпромторга, Росстандарта, Роскосмоса, так и специалисты научно-исследовательских институтов авиационной и ракетно-космической промышленности, гражданской авиации и метрологии (ФГУП ГосНИИ ГА, ФГУП «ВНИИМС», ФГУП «ВНИИОФИ», ФГУП «ВНИИФТРИ», ФГУП «НИИСУ», ФГУП «ЦАГИ», ФГУП ЦИАМ, ФГУП ЦНИИМаш), конструкторских бюро и производственных предприятий (объединений): ПАО Туполев, ФГУП «НПО «Техномаш», АО «ГК-НПЦ им. М.В. Хруничева», ПАО «ОДК – Уфимское МПО»; учебных заведений высшего и дополнительного профессионального образования (ФГБОУ ВО МГТУ им. Н.Э. Баумана, ФГБОУ ВО МАИ (НИУ), ФГАОУ ДО АСМиС, ФГБОУ ДО МИЭИ) и других.

Так, специалисты ФГУП «ЦАГИ им. Н.Е. Жуковского» и ООО «Спецэлтех» (Московская обл.) поделились опытом применения многоканальных прецизионных тензометрических систем на платформе PXI/PXI Express. В процессе иссле-

**Ключевые слова:** авиационная техника, воздушный транспорт, единство измерений, испытания, испытательное оборудование, метрологическое обеспечение, средства измерений.  
**Keywords:** aviation equipment, air transport, unity of measurements, tests, testing equipment, metrological support, means of measurement.

дований моделей летательных аппаратов (ЛА) в аэродинамических трубах требуется обеспечить изменение малых приращений аэродинамических нагрузок с помощью многокомпонентных тензометрических весов.

Второй доклад специалистов ФГУП «ЦАГИ им. Н.Е. Жуковского» совместно с ООО «Драйвер» посвящен перспективным средствам экспериментальных исследований полей давления в аэродинамических установках. Представлен краткий обзор современных многоканальных средств измерения (СИ) полей давления, используемых в аэродинамическом эксперименте. Приведены технические характеристики, конструкция и результаты исследований этих СИ.

Новые решения при построении автоматизированных информационно-измерительных систем (АИИС) серийных стендовых испытаний авиационных двигателей предложены *Р.М. Хусаиновым, Л.Х. Хаитом* (ПАО «ОДК-УМПО», Уфа). В ходе освоения производства двигателей РД-33 разных модификаций стендовая база ПАО «ОДК-УМПО» пополнилась тремя новыми испытательными стендами, оснащёнными АИИС. Внедрение АИИС собственными силами позволяет обеспечивать надёжное сопровождение эксплуатации, даёт полную открытость исходного кода прикладных программ и позволяет развивать функции АИИС на протяжении всего жизненного цикла испытательного стенда.

Результаты исследования и разработки измерительно-информационного и управляющего комплекса для электромеханического моделирования (ЭММ) полёта летательного аппарата представил *А.А. Егоров* (МАИ (НИУ), Москва). В докладе рассматривается процесс раз-

работки измерительно-информационного и управляющего комплекса для полунатурного моделирования полёта ЛА на основе применения оборудования фирмы National Instruments. Приведены схема взаимодействия комплекса с исследуемым объектом и алгоритм расчёта силового воздействия. Описана структура ПО, обеспечивающего проведение стендовых испытаний объекта в задаче полунатурного моделирования полёта летательного аппарата. Данная система позволяет в значительной степени уменьшить число проводимых испытаний в аэродинамической трубе при решении задач динамической аэроупругости в процессе полунатурного моделирования полёта ЛА.

Мониторинг напряженно-деформированного состояния планера самолёта с применением волоконно-оптических датчиков явился темой выступления *М.М. Богатырёва* (ФГУП «ЦАГИ им. Н.Е. Жуковского», Московская обл.). Проведены испытания макета системы измерения напряженно-деформированного состояния ЛА на основе волоконных брэгговских решёток (ВБР) на стенде ИЛ-476 ФГУП «ЦАГИ». В ходе испытаний многокомпонентной системой нагружения стенда задавались циклические нагрузки, соответствующие нагрузкам на планер в полёте на консоль крыла и велась запись как со штатной тензорезистивной системы измерения, так и с волоконно-оптической с целью дальнейшего сопоставления результатов. При этом предварительно выполнена тарировка с заданием «чистых» компонент (изгиб, кручение, сдвиг). Полученные относительные отклонения величин изгибающих моментов, определенных волоконно-оптическими датчиками по отношению к показаниям тензодатчиков,

находятся в диапазоне 2–7%. Таким образом, апробация макетного образца системы при усталостных испытаниях натурной конструкции самолёта Ил-76 показала возможность мониторинга её нагруженности в лабораторных условиях.

Картографическому обеспечению альтернативной навигации по геофизическим полям Земли посвящен доклад *В.Т. Минлигареева* (ФГБУ «Институт прикладной геофизики им. акад. Е.К. Фёдорова», Москва). Представлены результаты исследований картографического и ПО аномальной составляющей магнитного поля Земли для применения в магнитометрических навигационных системах. Для учёта вариаций магнитного поля необходимо проводить непрерывные наземные наблюдения в опорных и мобильных точках на геофизических полигонах и специально оборудованных судах. Наземная поддержка съёмки обеспечивается стационарными и мобильными обсерваториями государственной сети геомагнитных наблюдений Росгидромета и экспедиций по магнитной съёмке. Для обеспечения достоверности и точности магнитных наблюдений планируется метрологическое сопровождение всего комплекса работ с использованием рабочих эталонов, в том числе переносных мер магнитной индукции.

*М.Д. Берёзкин* (АО «Российские космические системы», Москва) выступил с докладом об использовании российских данных дистанционного зондирования Земли для решения задач объективного контроля состояния объектов критической инфраструктуры. Современные возможности в области дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) позволяют решать комплекс задач для всех отраслей народного хозяйства. Спрос на результаты

космической деятельности увеличивается во всем мире. В России существует собственная группировка космических аппаратов ДЗЗ.

Проблемы цифровизации метрологического обеспечения (МО) предприятий промышленности и пути их решения изложены в докладе *В.Д. Киселева, А.С. Марталова, В.М. Новикова, И.Г. Роберова и В.А. Чистякова* (ФГУП «НИИСУ», Москва). Институт проводит сбор и анализ предложений предприятий промышленности по внедрению цифровых технологий для совершенствования МО. Мониторинг проводится по следующим вопросам:

- существующие цифровые технологии, которые могут быть использованы на предприятиях;
- наличие организационных и технических проблем по цифровизации МО предприятий;
- предложения предприятий по внедрению цифровых технологий для ускорения работ по МО.

*Н.П. Муравская* (ФГУП «ВНИИОФИ», Москва) представила в своем докладе вопросы, связанные с применением методов неразрушающего контроля в аддитивных технологиях.

*С.Н. Зайченко* (ООО Фирма «Информтест», Москва) поделился опытом создания измерительных систем на базе модульного оборудования в открытых международных стандартах и организации их МО. Фирма осуществляет разработку стационарных комплексов для размещения в КБ, сервисных центрах, площадках проведения выходного контроля, а также ОТК, метрологических лабораториях, ЦСМ и др.; мобильных измерительных систем и комплексов; портативных измерительных систем для возможности проведения испытаний в полевых условиях/местах ответствен-



С докладом выступает Богоявленский А.А.

ного применения без возможности доступа крупногабаритной измерительной техники.

Основные направления развития МО приоритетных отраслей промышленности прозвучали в докладе *Ф.И. Храпова и А.А. Панкова* (ФГУП «ВНИИФТРИ», Московская обл.). Отмечено, что мероприятия, раскрывающие основные направления развития МО предприятий приоритетных отраслей промышленности на современном этапе, направлены на обеспечение качества современной наукоёмкой продукции на всех стадиях её жизненного цикла.

Исследованию и анализу методов оценки ровности искусственных покрытий взлётно-посадочных полос аэродромов гражданской авиации был посвящен доклад *А.А. Богоявленского* (ФГУП ГосНИИ ГА, Москва). Одной из важнейших характеристик взлётно-посадочных полос с искусственным покрытием (ИВП) гражданских аэродромов является их ровность. Проведен анализ актуальных норм, стандартов, руководств и правил, связанных с измерением ровности покрытий ИВП гражданских аэродромов в практике зарубежной и отечественной авиационной деятельности. На воздушном транспорте для измерения неровностей ИВП (в зависимости от решаемых задач) применяются как автоматизированные средства измерительного контроля (для определения индекса ровности  $R$ ), так и традиционные средства и методы измерений глубины и ширины выбоин, трещин, сколов, а также высоты уступов в искусственных по-

крытиях при ежедневных осмотрах. Для ИВП аэродромов классов А, Б и В аэропортов, открытых для международных полётов согласно Федеральным авиационным правилам, определяют обобщённую характеристику ровности аэродромного покрытия – индекс  $R$ . Покрытия ИВП аэродромов не допускаются к эксплуатации, если индекс ровности  $R \leq R \leq 2$ . В случаях, когда установлено, что  $R$  находится в пределах диапазона значений  $2 \leq R \leq 3$ , последующую оценку для соответствующей ИВП следует проводить не реже, чем через два года. Если же в пределах  $R \geq 3$  – один раз в пять лет. В случаях, когда установлено, что  $R$  находится в пределах диапазона значений  $2 \leq R \leq 3$ , последующую оценку для соответствующей ИВП следует проводить не реже, чем через два года. Если же в пределах  $R \geq 3$  – один раз в пять лет. Специалистами метрологической службы ФГУП ГосНИИ ГА по поручению Федерального органа исполнительной власти в области гражданской авиации проведены работы по МО измерителей ИРПАП при внедрении в практику ГА. Разработан и аттестован комплект мер высоты для градуировки измерителей ИРПАП; разработана методика периодического метрологического обслуживания; методика измерений.

*А.Р. Лепёшкин* (ФГУП «ЦИАМ им. П.И. Баранова», Москва) сообщил о результатах исследований по совершенствованию метода исследований температуропроводности материалов деталей газотурбинных двигателей (ГТД) при воздействии виброускорений. Разра-

ботаны и усовершенствованы оригинальные метод и устройство с теплопроводниками из разных металлических материалов для исследований и определения температуропроводности материалов деталей на вибростенде в поле действия виброускорений при разных параметрах амплитуды и частоты колебаний. Приведены результаты исследований нестационарного нагрева теплопроводников из никелевого и медного сплавов при воздействии виброускорений. Из анализа результатов экспериментальных исследований следует, что температуропроводность теплопроводников возрастает при увеличении амплитуды или частоты колебаний балки на вибростенде по сравнению со статическим состоянием. Причем, частота колебаний влияет больше на температуропроводность металлических теплопроводников, чем амплитуда колебаний. Полученные результаты имеют важное практическое значение для оценки теплового состояния деталей авиационных двигателей, работающих при значительных виброускорениях.

Второй доклад *А.Р. Лепёшкина*, подготовленный совместно со специалистами МАИ (НИУ) и НИИ механики МГУ им. М.В. Ломоносова (Москва) содержит результаты анализа испытаний корпусов ГТД на непробиваемость при обрыве лопаток. Нормативные технические документы содержат требование об обязательной локализации в корпусах авиационных двигателей фрагментов, возникающих при разрушениях рабочих лопаток ГТД. Для расчёта непробиваемости корпуса ГТД используются сложные трудоёмкие методики расчета с использованием метода конечных элементов. На начальном этапе проектирования параметров корпуса ГТД целесообразно применять упрощен-

ные инженерные методики расчёта корпуса на непробиваемость при обрыве лопатки, а затем уточнять толщину и другие параметры корпуса с помощью трудоёмких расчетных методик и проведения испытаний. Представлены результаты расчётно-экспериментального анализа испытаний корпусов ГТД при обрыве рабочих лопаток с помощью более совершенной разработанной инженерной методикой расчета корпуса ГТД на непробиваемость. В разработанной методике расчёта используются переменные эмпирические коэффициенты, зависящие от кинетической энергии оборвавшейся лопатки. Указанные эмпирические зависимости коэффициентов позволяют более точно определить параметры корпусов по разработанной методике расчета. Приведены результаты расчётно-экспериментального анализа испытаний корпусов вентиляторов ГТД при разных параметрах рабочих лопаток, корпусов и частот вращения.

О разработке способа дистанционной аттестации электродинамических вибростендов сообщили в своем докладе *Е.С. Николаев и А.В. Язев* (ФГУП «ВНИИФТРИ», Московская обл.). В настоящее время на производственных предприятиях для проведения испытаний продукции все чаще используются электродинамические вибростенды с поверенными системами управления, позволяющими задавать и контролировать параметры испытательных режимов. Любой вибростенд при вводе в эксплуатацию на предприятии подвергают аттестации. Современные вибростенды включают в свой состав СИ, удовлетворяющие требования нормативной документации по аттестации испытательного оборудования. Предприятия полагают специалистами-испытателями, обладающими квалифика-

цией по управлению вибростендами в процессе их работы, но не обладают компетенциями по проведению их аттестации. При этом возникает необходимость в привлечении специалистов по аттестации испытательного оборудования сторонних экспертных организаций. В связи с этим для проведения аттестации современных вибростендов могут быть использованы иные методы, например, способ дистанционной аттестации. В ходе проведения исследований отмечены как достоинства, так и недостатки применения способа дистанционной аттестации вибростендов.

## Заключение

Всероссийская конференция показала актуальность обсуждаемых вопросов и огромный интерес к ним специалистов в области разработки, испытаний и эксплуатации авиационной и ракетно-космической техники, а также специалистов по метрологическому обеспечению этих отраслей. Она подтвердила свою востребованность как площадки для дискуссий и обмена опытом среди технических специалистов предприятий аэрокосмической отрасли, воздушного транспорта, производителей приборного и испытательного оборудования, разработчиков программного обеспечения средств измерений и измерительных систем.

## Annotation

*Readers are invited to review the reports and speeches of the participants of the All-Russian Conference "Measurements. Tests. Control" held from 23 to 25 October 2018 in the framework of the 15th International Exhibition of Testing and Measuring Equipment "Testing & Control" in the Crocus-Expo Moscow Exhibition Centre.*