

# Актуальные вопросы метрологического обеспечения измерений в аэрокосмической отрасли

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

**А.Е. Боков,**  
старший инженер отдела  
метрологии

ФГУП ГосНИИ ГА (г. Москва)

*Авторы предлагают вниманию читателей обзор докладов и выступлений участников 3-ей Всероссийской научно-технической конференции “Современное состояние методов, средств и метрологического обеспечения испытаний и эксплуатации изделий авиационной и ракетно-космической техники”. Она проходила с 24 по 26 октября 2017 г. в рамках 14-й Международной выставки испытательного и контрольно-измерительного оборудования Testing & Control в МВЦ “Крокус Экспо” (г. Москва). Обзор подготовлен по результатам работы секции № 4 “Метрология и стандартизация. Метрологическое обеспечение исследований, испытаний и эксплуатации авиационной и космической техники”.*

Организатором конференции выступила международная компания ITE EXPO при поддержке Минпромторга России, Росстандарта и Роскосмоса.

На секции было заслушано 14 докладов, с которыми выступили специалисты научно-исследовательских институтов Росстандарта, авиационной промышленности и Минтранса России (ФГУП “ВНИИМС”, ФГУП “ВНИИОФИ”, ФГУП “СНИИМ”, ФГУП “ЦАГИ”, ФГУП ГосНИИ ГА), региональных центров Росстандарта (ФГБУ “Ростест-Москва”), учебных заведений высшего и дополнительного профессионального образования (ФГБОУ ВО МГТУ им. Н.Э. Баумана, ФГБОУ ВО МГТУ ГА, ФГБОУ ДПО МИЭИ).

В работе секции № 4 были рассмотрены следующие вопросы:

- Состояние и перспективы развития системы обеспечения един-

ства измерений и её нормативно-правовой и нормативно-методической базы.

- Современное состояние и направления развития динамических измерений.
- Актуальные вопросы метрологического обеспечения на воздушном транспорте.
- Метрологическое обеспечение и перспективные технологии в области диагностирования и неразрушающего контроля текущего технического состояния машин и механизмов.
- Математические аспекты метрологического обеспечения методик измерений; методов оценки погрешности и неопределённости; виртуальных измерений при аттестации испытательного оборудования и другие.

В докладе *С.Ф. Левина* (ФГБОУ ДПО МИЭИ, Москва) о метрологи-

ческом обеспечении идентификации математических моделей в исследовательских испытаниях отмечается, что одним из наиболее сложных моментов исследовательских испытаний является необходимость корректировки стандартизованных программ и методик в зависимости от характера получаемых результатов. В первую очередь это относится к математическим моделям объектов испытаний и распределений вероятностей, критериям статистической проверки гипотез и оценивания параметров, планам измерений и методам предсказания их результатов в предполагаемых условиях или заданных режимах испытаний. По совокупности эти вопросы образуют предмет метрологической аттестации математического аппарата, используемого для решения измерительных задач исследовательских испытаний, что и составляет расши-

**Ключевые слова:** авиационная техника, воздушный транспорт, динамические измерения, испытательное оборудование, калибровка, неразрушающий контроль, средства измерений.

**Keywords:** aviation equipment, air transport, dynamic measurement, test equipment, calibration, nondestructive testing, measurement tools.

рение понятия метрологического обеспечения.

Второй доклад *С.Ф. Левина* посвящен решению проблемы перечета погрешности в неопределённости. В нем отмечается, что специфика измерительных задач, рассматриваемых в ГОСТ Р 54500.3–2011 по выражению неопределённости измерений заключается в том, что их целью при калибровке является не распределение возможных значений поправок, а их среднее значение как оценка параметра этого распределения. Поэтому результат калибровки будет представлен интервалом охвата, который не только уже доверительного, но значительно уже толерантного при равных значениях вероятности охвата и доверительной вероятности, нормы которой устанавливают государственные поверочные схемы. С нормативной точки зрения проблемы “пересчёта погрешности в неопределённость” не существует. Это всего лишь переход от толерантных интервалов к доверительным. Но этот переход требует соответствующей квалификации персонала калибровочных лабораторий.

*А.А. Лаврухин* (ФГУП “ВНИИМС”, г. Москва) доложил о создании государственного первичного специального эталона единицы длины в области измерений геометрических параметров резьб широкой номенклатуры.

В докладе *А.Б. Гаврилова, И.В. Маркова и А.С. Толстикова* (ФГУП “СНИИМ”, г. Новосибирск) рассмотрено современное состояние теории и практики динамических измерений. Показаны новые задачи в области исследования динамических процессов, требующие развития средств и методов данного раздела. Проанализирована нормативная документация, относящаяся к динамическим измерениям,



С докладом выступает А.А. Богоявленский. В президиуме – В.М. Лахов

предложены направления её совершенствования. В частности, рассматривается возможность использования для обработки измерительных данных универсальных алгоритмов, обладающих установленными метрологическими характеристиками.

Для повышения точности определения параметров сигналов тензодатчиков можно воспользоваться известным в спектральном анализе параметрическим методом моделирования исходных данных линейной комбинацией затухающих гармонических компонент на ограниченном интервале наблюдения. Этот метод основан на подгонке модели к измеренным эквидистантным значениям и последующем оценивании параметров этой модели.

В итоге исходный набор отсчетов исследуемого сигнала аппроксимируется суммой затухающих синусоид и полностью характеризуется набором параметров – амплитуд, частот, коэффициентов затуханий и фаз гармонических компонент.

Данное представление позволяет провести дальнейшую фильтрацию помех путем исключения из полного набора компонент, не относящихся к полезному сигналу.

Доклад *С.Н. Гольшака* (ФБУ “Ростест-Москва”, г. Москва) содержит информацию о состоянии ме-

трологического обеспечения таких средств наземного обслуживания авиационной техники (АТ), как тестеры навигационные IFR-4000, пульта для наземных испытаний IFR-6000, применяемые при производстве АТ и ее технической эксплуатации. Указанные тестеры выпускаются за рубежом. Их поверка или калибровка организованы в установленном порядке и успешно выполняются на территории РФ. Однако имеется барьер в плоскости законодательной метрологии в части признания результатов калибровки, выполненных аккредитованными организациями в национальной системе аккредитации в РФ, со стороны Европейского агентства по безопасности полетов (EASA). Требования EASA заключаются в том, что воздушные суда, совершающие международные рейсы, должны проходить техническое обслуживание с применением измерительной техники, прошедшей калибровку в организациях, аккредитованных в международной организации по аккредитации лабораторий ILAC (International Laboratory Accreditation Cooperation). В докладе указаны пути преодоления названного барьера.

*В.М. Лахов* (ФГУП “ВНИИМС”, г. Москва) в своем докладе остановился на вопросах современных

требований, предъявляемых к деятельности метрологической службы предприятия (организации).

Доклад *Ш.М. Загидуллина* и *М.А. Левченко* (ФГУП «ЦАГИ», Московская обл.) посвящен оценке погрешностей измерений розетками тензорезисторов напряженно-деформированного состояния авиационной конструкции при статических испытаниях натурных авиационных конструкций.

Получены формулы, необходимые при разработке и аттестации методик косвенных измерений тензоров напряжений и деформаций прямоугольными, состоящими из трех тензорезисторов розетками в точках испытываемой на статическую прочность натурной авиационной конструкции. Рассмотрены основные особенности этих формул. Вопросы внесения поправок в результаты измерений плоских деформаций тензорезисторными розетками, также как и вопросы отбраковки промахов, при обработке результатов измерений не обсуждаются, поскольку они требуют специального рассмотрения.

В выступлении *М.А. Левченко* (ФГУП «ЦАГИ», Московская обл.) предложен вариант решения задачи об аттестации испытательного оборудования с использованием виртуальных косвенных измерений. При этом предложен оригинальный вариант решения задачи об аттестации испытательного оборудования, использующий виртуальные косвенные измерения, который обеспечивает аттестацию оборудования в отсутствие методики измерений. Рассмотрены особенности его реализации при различных функциональных связях результата косвенного измерения с результатами прямых измерений. При описании предложенного варианта ради простоты ис-



пользовались однократные измерения, в то время как аттестация испытательного оборудования, как правило, осуществляется с использованием многократных измерений. Это, однако, нисколько не меняет сущности предложенного варианта решения задачи об аттестации испытательного оборудования и не сказывается на целесообразности его использования при выполнении многократных измерений.

В докладе *Н.П. Муравской* (ФГУП «ВНИИОФИ», г. Москва) рассмотрены основные вопросы метрологического обеспечения магнитного, электрического, вихревого, радиоволнового, теплового, оптического, радиационного, акустического методов неразрушающего контроля (НК) и контроля проникающими веществами.

Конечная цель метрологического обеспечения НК – свести к рациональному минимуму возможность принятия ошибочных решений по результатам измерений, испытаний и контроля сырья, материалов, изделий и процессов.

*Б.М. Пашаев* (ФГУП «ВНИИМС», г. Москва) изложил вопросы совершенствования документов по стандартизации в области процедур поверки средств измерений и аттестации испытательного оборудования.

В докладе *В.И. Пронякина* (МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва) изложены основные принципы информационно-метрологической оценки текущего технического состояния машин и механизмов. Наиболее перспективными являются фазовые методы, так как за длительный период применения амплитудные методы не решили проблемы получения информации для принятия надёжных решений в технической диагностике. Фазовый метод наиболее органично связан с рабочим циклом устройства, и весь жизненный цикл машин и механизмов связан с его реализацией и поддержкой мероприятиями технического обслуживания. Это позволяет математической обработкой результатов измерений выявлять характеристики, сопровождающие функционирование машины от первых испытаний до утилизации.

Доклад *М.Б. Фридзона* (МГТУ ГА, г. Москва) посвящен вопросам метеорологического обеспечения (обслуживания) деятельности ГА. Этот вопрос является одним из важнейших компонентов организации воздушного движения. Основной задачей метеорологического обслуживания полётов является подготовка и выпуск измерительной и прогнозной информации с целью уведомления пилотов и другого авиационного

персонала об условиях погоды, которые могут повлиять на безопасность и регулярность полётов воздушных судов. Метеорологические измерения относятся к сфере государственного регулирования.

В докладе приведен сравнительный анализ требований различных ведомств РФ и международных организаций к номенклатуре и точности измерений метеорологических величин и явлений. Представлены также результаты сравнительного анализа требований к номенклатуре, диапазонам и точности измерений метеорологических параметров. Рассмотрены процедуры сертификации метеорологических СИ и метеорологического оборудования на аэродромах ГА РФ.

В докладе А.А. Богоявленского (ФГУП ГосНИИ ГА, г. Москва) на основе системного подхода проведен анализ процессов контроля и измерения параметров расхода топлива и масла при лётно-технической эксплуатации авиационных двигателей и исследованы вопросы обеспечения единства измерений в этой области на воздушном транспорте. К ос-

новным направлениям инструментального контроля запаса, часового (мгновенного) суммарного расхода топлива в процессе лётной эксплуатации относятся:

- а) контроль на борту воздушного судна (ВС) – с использованием штатной бортовой аппаратуры, входящей в комплект топливной системы ВС;
- б) запись в бортовую систему регистрации параметров; в процессе технического обслуживания и ремонта;
- в) наземные лабораторные проверки бортовой аппаратуры (при помощи специальных средств измерений – так называемой контрольно-проверочной аппаратуры);
- г) контроль расхода топлива и масла отремонтированных двигателей (с применением измерительных каналов расхода стендов мотороиспытательных станций (МИС).

### Заключение

Всероссийские научно-технические конференции, проходящие

в рамках Международной выставки Testing & Control, превратились в традиционную и востребованную профессиональную площадку для обмена опытом, обсуждения передовых научно-технических достижений и инноваций в области разработки, испытаний и эксплуатации авиационной и ракетно-космической техники, а также вопросов их метрологического обеспечения.

### Annotation

*The authors offer the reader a review of the reports and performances of participants of the 3rd all-Russian scientific-technical conference "Modern state of methods, tools and metrological support of testing and operation of products of aviation and rocket-space technology". It was held in IEC "Crocus Expo" (Moscow) from 24 to 26 October in the framework of the 14th International exhibition of testing and measuring equipment Testing & Control. The review was prepared by results of work of section № 4 "Metrology and Standardisation. Metrological provision of research, testing and exploitation of aviation and space technics".*

## Уважаемые подписчики журнала

# «Мир измерений»!

Напоминаем, что завершается подписная кампания на 2018 год.

Для тех, кто ещё не успел оформить подписку, рекомендуем самый быстрый, выгодный и удобный способ – подписка непосредственно в редакции.

**Заявки принимаются:**



**(495) 771 6652**  
(доб. 142, 143)



e-mail:  
**podpiska@mirq.ru**



Подписка через сайт:  
**www.ria-stk.ru/subscribe**