

УДК 006.91:681.518.5

МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ НАЗЕМНОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ: МЕТОДОЛОГИЯ И АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ

А.А. БОГОЯВЛЕНСКИЙ, А.Е БОКОВ, К.Е. МАТЮХИН

В статье излагаются вопросы методологии метрологического обеспечения при проведении эксплуатационных испытаний наземной автоматизированной системы контроля нового поколения. На примере НАСКД-200, предназначенной для контроля параметров (диагностирования) бортовых средств контроля и иного авиационного оборудования, проведено обобщение и представлен анализ основных результатов, полученных при испытаниях.

Ключевые слова: наземная автоматизированная система контроля, бортовые средства контроля, эксплуатационные испытания, метрологическое обеспечение.

Наземная автоматизированная система контроля НАСКД-200 (рис. 1) отечественного производства предназначена для оценки технического состояния демонтированного бортового авиационного оборудования вертолетов Ми-8, Ми-8МТ, Ми-17, Ми-8МТВ-1, Ми-172, Ми-8АМТ путем проведения измерительного контроля параметров, и относится, при применении на ВТ, к категории специальных средств измерений (ССИ). Измерения параметров производятся на контактах демонтированных объектов контроля.



Рис. 1. Внешний вид НАСКД-200-8/17: на переднем плане – демонтированный блок бортового авиационного оборудования, за ним - адаптер

Эксплуатационные испытания системы проводились на основании Решения № 21.9-307 от 2009 г., в соответствии с Программой № 01-11 НАСКД-200-8/17, в два этапа [1]. На первом этапе специалистами отдела метрологии ФГУП ГосНИИ ГА проведена оценка прослеживаемости измерений согласно положений ГОСТ ИСО/МЭК 17025 [2] и в соответствии с представленной на рис. 2 блок-схемой. Она состоит из двух взаимосвязанных направлений: I - традиционная схема метрологического обслуживания, содержащая элементы 1-3 и 5; II - схема метрологического обслуживания с использованием НАСК, содержащая элементы 1, 4 и 5.

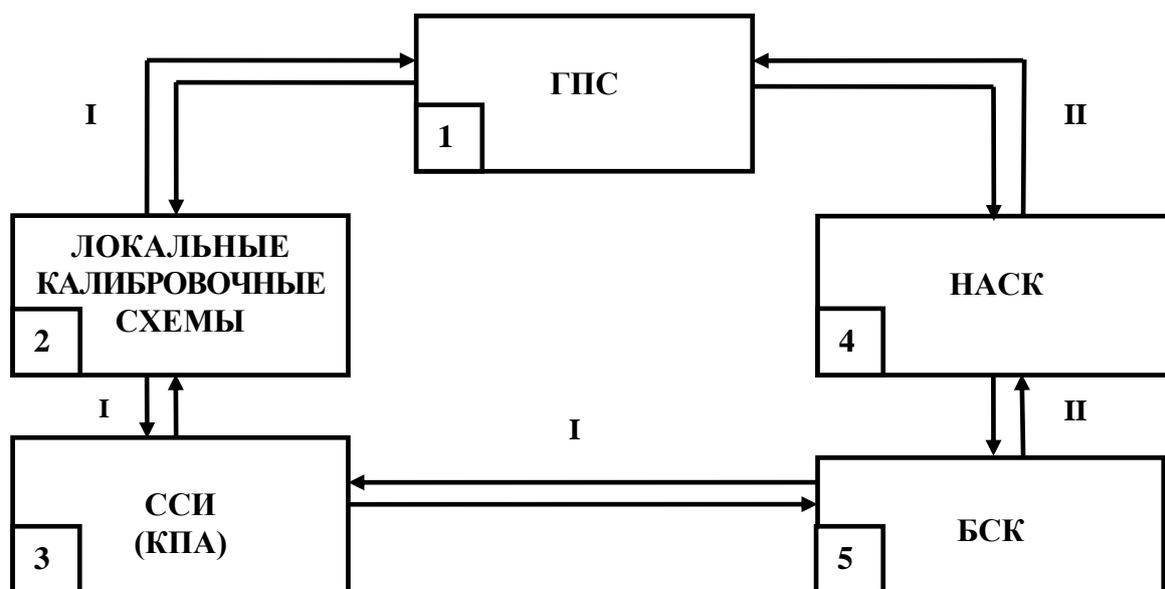


Рис. 2. Блок-схема прослеживаемости измерений при испытаниях НАСК: I - традиционная схема метрологического обслуживания; II - схема метрологического обслуживания с применением НАСК; 1 - государственные поверочные схемы (ГПС); 2 - локальные калибровочные схемы; 3 - специальные средства измерений (ССИ), контрольно-поверочная аппаратура (КПА); 4 - наземная автоматизированная система контроля (НАСК); 5 - бортовые средства контроля (БСК) и авиационное оборудование

Ключевым для блок-схемы прослеживаемости измерений (как для традиционной, так и с применением НАСК) является элемент 1 - государственная поверочная схема (ГПС), во главе которой находится государственный первичный эталон соответствующего вида измерений. Оба направления выходят непосредственно на элемент 5 - бортовые средства контроля и бортовое авиационное оборудование (БСК), что и является основой прослеживаемости результатов измерений, начиная от государственных первичных эталонов соответствующих видов измерений.

В состав НАСКД-200 входит 17 подсистем, состоящих из измерительных каналов и способных: а) измерять величины электрические (напряжение и сила постоянного и переменного тока, сопротивление постоянному току) и радиотехнические (частота, емкость, индуктивность, добротность и фаза; параметры импульсных сигналов, в том числе мощность; мощность высокочастотных сигналов; параметры модуляции); б) генерировать ВЧ сигналы; сигналы произвольной формы 1-го и 2-го типа; стимулирующие (питающие) напряжения 1 - 5 типов, а также программируемые сопротивления; в) воспроизводить и измерять единицы абсолютного и избыточного давления; г) задавать и измерять углы положения. При этом все подсистемы работают под управлением компьютера.

В рамках *первого этапа* проведен сравнительный анализ метрологических характеристик ССИ (КПА), назначенных в качестве наземных средств контроля в РТО бортового авиационного оборудования (включая БСК), и НАСКД-200. Установлено, что по диапазонам и погрешностям измерений НАСКД-200 в полном объеме перекрывает метрологические характеристики ССИ (КПА). Одновременно проведено сравнение метрологических характеристик НАСКД-200 и контролируемых параметров бортового авиационного оборудования (включая БСК), проверку которого предложено осуществлять при ее использовании. При этом оценивалось обеспечение необходимого запаса по точности, регламентированного государственными поверочными схемами соответствующих видов измерений, а также прослеживаемость измерений согласно положений ГОСТ ИСО/МЭК 17025 [2].

Помимо этого, на первом этапе эксплуатационных испытаний проведены метрологическая экспертиза эксплуатационной документации системы на соответствие РМГ 63 [3] и ОСТ 54-3-156.66 [4], а также оценка возможности выполнения работ по обеспечению единства измерений НАСКД-200 метрологическими службами организаций ВТ и иными метрологическими органами. Метрологическое обслуживание может осуществляться в соответствии с методикой, входящей в комплект эксплуатационной документации НАСКД-200 с применением более 25 типов средств поверки (калибровки) в основном отечественного производства, среди которых:

1) широко применяемые метрологическими службами - частотомеры электронно-счетные; генераторы сигналов низкочастотные; меры электрического сопротивления однозначные и измерительные; магазины сопротивлений; меры и магазин емкости; ваттметры поглощаемой мощности; калибраторы мощности; измерители коэффициента стоячей волны панорамные; измерители модуляции; анализаторы спектра;

2) малораспространенные в оснащении метрологических служб - стандарты частоты и времени; вольтметры-калибраторы; установка измерительная К2-76 с диапазоном от 10 мВ до 2,5 В при частотах от 50 Гц до 18 ГГц; аппаратура для поверки измерителя коэффициента амплитудной модуляции; калибраторы фазы; меры добротности; рабочий эталон абсолютного давления с диапазоном 0,3-250 кПа и средним квадратическим отклонением 1,3-2,5 Па; манометры абсолютного и избыточного давлений I разряда.

По результатам первого этапа испытаний подтверждена прослеживаемость измерений при применении НАСКД-200 с первичными национальными эталонами единиц физических величин международной системы СИ согласно ГОСТ ИСО/МЭК 17025 [2]. При этом по всем видам измерений коэффициенты точности НАСКД-200 соответствуют требованиям государственных поверочных схем.

Периодическое метрологическое обслуживание НАСКД-200 может осуществляться в виде калибровки в метрологических службах предприятий ВТ, подтвердивших свою техническую компетентность согласно [2; 5; 6] в рамках системы сертификации объектов ГА (СДС ОГА) либо в виде поверки - аккредитованными метрологическими службами в рамках национальной системы аккредитации.

На *втором этапе* проведены экспериментальные исследования НАСКД-200 на базе ОАО "Улан-Удэнский авиационный завод" с участием специалистов метрологической службы ФГУП ГосНИИ ГА, представителей ОАО МВЗ им. М.Л. Миля, экспертов по авиационному оборудованию из ФГУП ГосНИИ АН, а также разработчиков НАСКД-200 из ЗАО "БЕТА ИР".

Блок-схема метрологической части экспериментальных исследований при эксплуатационных испытаниях представлена на рис. 3. В процессе исследований выполнено сравнение возможностей представленного на испытания экзemplяра НАСКД-200-8/17 со специальными средствами измерений (КПА) при лабораторных проверках на них 38 типов бортового авиационного оборудования (включая БСК). При проведении экспериментальных исследований проводилась проверка технических характеристик одного и того же экзemplяра БСК по номенклатуре и величинам параметров, заданных технологическими картами регламентов технического обслуживания (РТО), в первую очередь с применением ССИ (КПА). Результаты измерений парамет-

ров вручную фиксировались в протоколах испытаний. После чего этот же экземпляр конкретного типа БСК проверялся с применением НАСКД-200. Полученные результаты в автоматическом режиме записывались в компьютер системы. Далее проводилось сравнение и анализ полученных результатов по критериям, в качестве которых приняты допускаемые значения параметров и погрешности их измерений (абсолютные, относительные или приведенные), нормированные в технологических картах РТО вертолетов. При совпадении результатов измерений параметров, полученных при помощи ССИ (КПА) и автоматизированной системы, принималось положительное решение о возможности применения НАСКД-200 для лабораторных проверок конкретного типа БСК.

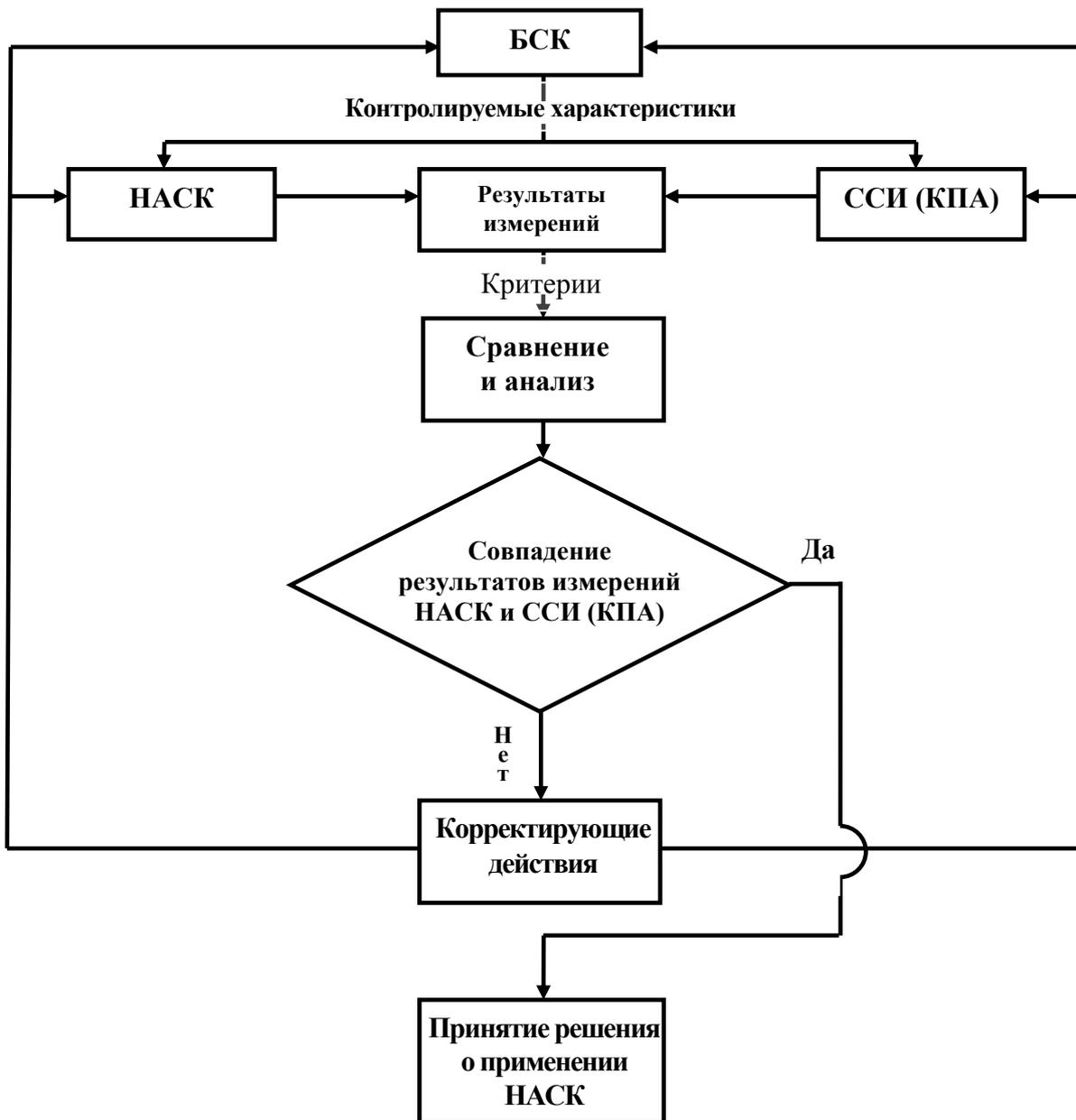


Рис. 3. Блок-схема проведения метрологической части экспериментальных исследований при испытаниях НАСК: БСК – бортовое авиационное оборудование, включая бортовые средства контроля; НАСК – наземная автоматизированная система контроля; ССИ – специальные средства измерений; КПА – контрольно-поверочная аппаратура)

При несовпадении результатов измерений производились корректирующие действия согласно блок-схеме рис. 3, заключающиеся в повторной проверке БСК с применением ССИ (КПА) и НАСК путем итерации операций РТО. При повторном несовпадении результатов проводилась итерация с использованием другого экземпляра данного типа БСК.

Помимо этого проведена оценка соответствия объема: полноты номенклатуры и величин параметров бортового авиационного оборудования (включая БСК), заложенного в технологических картах регламентов ТО и руководствах по ремонту оборудования, и контролируемого НАСКД-200. Оценка соответствия проведена для шести вариантов объема контроля: 1) входной контроль; 2) номер блока и борта; 3) подозрение на отказ; 4) средний ремонт; 5) капитальный ремонт; 6) регламентные работы.

Метрологические характеристики (диапазоны и погрешности измерений) НАСКД-200, метрологическая надежность и др. обеспечивают возможность и достоверность лабораторных проверок для 38 типов бортового авиационного оборудования (включая БСК) вертолетов Ми-8, Ми-8МТ, Ми-17, Ми-8МТВ-1, Ми-172, Ми-8АМТ. Проверки могут проводиться, по всей номенклатуре и диапазонам измерений параметров с существующими допусками, обеспечивающими коэффициенты точности согласно требованиям государственных поверочных схем соответствующих видов измерений. Система подтвердила [1] возможность проверок такого оборудования, как авиагоризонты АГБ-3, АГР-29Р-С-15, АГР-74-15, АГБ-96Д и АГБ-96Р; автоматический радиоконпас АПК-15М; автопилот АП-34Б; курсовая система ГМК-1А; измеритель вибрации ИВ-500Е; доплеровский измеритель скорости и сноса ДИСС-32; вариометр ВАР-30МК, высотомеры ВД-10К, ВЭМ-72М, ВМФ-50КГ; радиовысотомеры А-037 и А-053; датчики приборной скорости ДАС; керосиномер СКЭС-2027Б; термометры электрические ТУЭ-48 и ТСТ-282С и др.

С учетом положений ГОСТ Р 8.654 [7] и алгоритма блок-схемы рис. 3 выполнено тестирование [8] используемого в НАСКД-200 программного обеспечения, состоящего из системной оболочки "ProTest" и управляемых ею индивидуальных модулей для каждого адаптера. Программное обеспечение предназначено помимо прочего для метрологического обслуживания системы. В дальнейшем при рассмотрении вопроса применения НАСКД-200 для лабораторных проверок других типов БСК и бортового авиационного оборудования (помимо установленного на вертолетах Ми-8 и их модификациях) имеется возможность разработки дополнительных программных модулей.

НАСКД-200 внесена в Перечень специальных средств измерений, применяемых в гражданской авиации под № 142, а также имеет сертификат об утверждении типа средств измерений, зарегистрированный в государственном реестре под № 36889.

Для внедрения НАСКД-200 в практику авиационной деятельности разработан и введен в действие бюллетень [9], что позволило модернизировать инструментальную базу контроля за счет замены в технологических процессах ТОиР АТ морально и физически устаревших специальных средств измерений (контрольно-проверочной аппаратуры) таких типов, как Е-017; КП-5, КПА-5, КПА-034, КПА-053, КПА-72, КПА-САС-1, МПУ-1, ПАП-32, ПАП-33, ПЭ-11, УКАМП, УПГ-48, УПГ-56, УПИВ-У, УПП-1, УПТ-48, УЭГП-1, ЭРП4-001 и других, используемых при лабораторных проверках бортового авиационного оборудования в соответствии с технологическими картами РТО.

Основные результаты и выводы

1. На примере НАСКД-200 разработана методология метрологического обеспечения эксплуатационных испытаний нового поколения средств эксплуатационного контроля [1] для ВС отечественного производства.

2. Метрологические характеристики (диапазоны и погрешности измерений), метрологическая надежность и другие сервисные возможности НАСКД-200 обеспечивают возможность и достоверность лабораторных проверок по полной номенклатуре параметров с допускаемыми отклонениями для 38 типов бортового авиационного оборудования.

3. При применении НАСКД-200 подтверждена прослеживаемость измерений с первичными национальными эталонами единиц международной системы СИ. При этом по всем видам измерений НАСКД-200 обеспечивает коэффициенты точности, соответствующие требованиям государственных поверочных схем.

4. Одним из элементов метрологической части проведения эксплуатационных испытаний явилось тестирование программного обеспечения [1] "ProTest", осуществляющего управление индивидуальными программными модулями для каждого отдельного адаптера и предназначенного помимо прочего для метрологического обслуживания системы. Итоги тестирования показали отсутствие влияния ПО при работе НАСКД-200 на результаты измерений параметров бортового авиационного оборудования (включая БСК).

5. Система НАСКД-200 зарегистрирована под № 142 в Перечне специальных средств измерений, применяемых в гражданской авиации, а также имеет сертификат об утверждении типа средств измерений, зарегистрированный в государственном реестре под № 36889.

6. Периодическое метрологическое обслуживание НАСКД-200 может осуществляться в виде поверки - аккредитованными метрологическими службами в рамках национальной системы аккредитации либо в виде калибровки - в метрологических службах предприятий ВТ, подтвердивших свою техническую компетентность согласно [2; 5; 6] в рамках системы сертификации объектов ГА (СДС ОГА).

7. По результатам эксплуатационных испытаний бюллетенем № ТМ 3316-БЭ-Г [9] система НАСКД-200 введена в состав наземных средств контроля для применения на предприятиях ВТ при техническом обслуживании и ремонте (ТОиР) вертолетов Ми-8, Ми-8МТ, Ми-17, Ми-8МТВ-1, Ми-172, Ми-8АМТ.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Богоявленский А.А., Боков А.Е., Матюхин К.Е.** Об обеспечении единства измерений при испытаниях и применении нового поколения средств эксплуатационного контроля воздушных судов отечественного производства. // Сб. докл. Международной научн.-техн. конф. "Интеллектуальные системы измерений, контроля, управления и диспетчеризации в промышленности". М.: Компания ИТЕ; МАИ. 2014. С. 85-88.

2. ГОСТ ИСО/МЭК 17025-2009. Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий.

3. РМГ 63-2003. Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Обеспечение эффективности измерений при управлении технологическими процессами. Метрологическая экспертиза технической документации.

4. ОСТ 54-3-156.66-94. Отраслевая система обеспечения единства измерений (ОСОЕИ). Метрологическая экспертиза нормативной и технической документации.

5. ГОСТ Р 55867-2013. Воздушный транспорт. Метрологическое обеспечение на воздушном транспорте. Основные положения.

6. РД 54-3-152.51-97. ОСОЕИ. Порядок аккредитации метрологических служб предприятий гражданской авиации на право калибровки специальных средств измерений.

7. ГОСТ 8.654-2009. ГСИ. Требования к программному обеспечению средств измерений. Основные положения.

8. **Богоявленский А.А., Боков А.Е.** Аттестация программного обеспечения специальных СИ на воздушном транспорте // Мир измерений. 2012. № 11. С. 14-22.

9. Бюллетень № ТМ 3316-БЭ-Г. // По вопросу: Информирование организаций и предприятий, осуществляющих эксплуатацию и ремонт вертолетов типа Ми-8, Ми-8МТ, Ми-17, Ми-8МТВ-1, Ми-172, Ми-8АМТ, о введении в состав наземных средств контроля (НСК) указанных вертолетов системы НАСКД-200 разработки ЗАО "БЕТА ИР".

METROLOGICAL SUPPORT OF OPERATION TESTING OF GROUND-BASED AUTOMATED CONTROL SYSTEM: THE METHODOLOGY AND ANALYSIS OF RESULTS

Bogoyavlenskiy A.A., Bokov A.E., Matyukhin K.E.

The article is devoted to the methodology of metrological assurance during of operational test of the new-gen ground-based automated control of system. On the example of ATE-200, designed to measure the parameters (to diagnose) onboard means of control and other aircraft equipment. The basic test results have been summarized and presented.

Keywords: ground automated control system, onboard means of control, operational test, metrological support.

REFERENCES

1. **Bogoyavlenskiy A.A., Bokov A.E., Matyukhin K.E.** Ob obespechenii edinstva izmereniy pri ispytaniyakh i primeneni novogo pokoleniya sredstv ekspluatatsionnogo kontrolya vozdushnykh sudov otechestvennogo proizvodstva. *Sb. dokl. Mezhdunarodnoy nauchn.-tekhn. konf. "Intellektual'nye sistemy izmereniy, kontrolya, upravleniya i dispetcherizatsii v promyshlennosti"*. M.: Kompaniya ITE; MAI. 2014. Pp. 85-88. (In Russian).
2. *GOSTISO/MEK 17025-2009. Obshhie trebovaniya k kompetentnosti ispytatel'nykh i kalibrovchnykh laboratoriy.* (In Russian).
3. *RMG 63-2003. Gosudarstvennaya sistema obespecheniya edinstva izmereniy (GSI). Obespechenie effektivnosti izmereniy pri upravlenii tekhnologicheskimi protsessami. Metrologicheskaya ekspertiza tekhnicheskoy dokumentatsii.* (In Russian).
4. *OST 54-3-156.66-94. Otraselevaya sistema obespecheniya edinstva izmereniy (OSOEI). Metrologicheskaya ekspertiza normativnoy i tekhnicheskoy dokumentatsii.* (In Russian).
5. *GOST R 55867-2013. Vozdushnyy transport. Metrologicheskoe obespechenie na vozdushnom transporte. Osnovnye polozheniya.* (In Russian).
6. *RD 54-3-152.51-97. OSOEI. Poryadok akkreditatsii metrologicheskikh sluzhb predpriyatiy grazhdanskoj aviatsii na pravo kalibrovki spetsial'nykh sredstv izmereniy.* (In Russian).
7. *GOST 8.654-2009. GSI. Trebovaniya k programmnomu obespecheniyu sredstv izmereniy. Osnovnye polozheniya.* (In Russian).
8. **Bogoyavlenskiy A.A., Bokov A.E.** *Attestatsiya programmnoy obespecheniya spetsial'nykh SI na vozdushnom transporte.* Mir izmereniy. 2012. № 11. Pp. 14-22. (In Russian).
9. *Byulleten' № TM 3316-BJe-G. Po voprosu: Informirovanie organizatsii i predpriyatiy, osushhestvlyayushhikh ekspluatatsiyu i remont vertoletov tipa Mi-8, Mi-8MT, Mi-17, Mi-8MTV-1, Mi-172, Mi-8AMT, o vvedenii v sostav nazemnykh sredstv kontrolya (NSK) ukazannykh vertoletov sistemy NASKD-200 razrabotki ZAO "BETA IR".*(In Russian).

Сведения об авторах

Богоявленский Анатолий Александрович, 1958 г.р., окончил МИИГА (1981), кандидат технических наук, главный метролог ФГУП ГосНИИ ГА – начальник отдела метрологии, член-корреспондент Метрологической академии, автор более 90 научных работ, область научных интересов – исследование законодательных и прикладных проблем метрологического обеспечения производственной деятельности ГА.

Бокров Алексей Евгеньевич, 1959 г.р., окончил МАМИ (1986), старший инженер отдела метрологии ФГУП ГосНИИ ГА, автор 9 научных работ, область научных интересов – метрологическое обеспечение специальных средств измерений и испытательного оборудования, аттестация программного обеспечения специальных средств измерений и информационно-измерительных систем.

Матюхин Константин Ефимович, 1937 г.р., окончил ВВИА им. Жуковского (1965), инженер отдела метрологии ФГУП ГосНИИ ГА, автор 5 научных работ, область научных интересов – исследование специальных средств измерений, метрологическое обеспечение диагностирования авиационной техники.