



Инструментальный контроль запаса и расхода рабочих жидкостей при технической эксплуатации воздушных судов

Представленная в этом номере публикация, подготовленная отделом метрологии ФГУП ГосНИИ ГА, рассказывает о метрологическом обеспечении производственной деятельности предприятий воздушного транспорта.

Публикация посвящена юбилейной дате: 40-летию со дня создания метрологической службы гражданской авиации (ГА) приказом министра от 22 декабря 1977 г. № 193. Этим же приказом ГосНИИ ГА был назначен головной организацией метрологической службы (ГОМС) ГА, сохранив данный статус и в условиях новой России (совместный приказ Департамента воздушного транспорта Минтранса РФ и Комиссии по регулированию воздушного движения – Росаэронавигации – от 27.11.1995 г. № ДВ-126/113).

К сожалению, ограниченный объем журнала не позволяет подробно раскрыть все аспекты метрологической деятельности ФГУП ГосНИИ ГА как ГОМС ГА. Предлагаемая вниманию читателей публикация освещает в этом отношении лишь некоторые из решаемых разноплановых задач.

Тем не менее, необходимо отметить, что все эти годы и по настоящее время институт находится на острие решения проблем обеспечения единства измерений в специальных областях производственной деятельности воздушного транспорта.

А.А. Богоявленский,
кандидат технических наук,
член-корреспондент
Метрологической академии,
главный метролог
ФГУП ГосНИИ ГА (г. Москва)

Ключевые слова: авиационный двигатель, воздушный транспорт, метрологическое обеспечение, метрологический риск, обеспечение единства измерений, специальное средство измерений, погрешность измерений.

Keywords: aircraft engine, air transport, metrological support, metrological risk, ensuring the unity of measurements, special measuring instrument, the measurement error.

На основе системного подхода

ФГУП ГосНИИ ГА 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 (ВТ). К основным 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 стенов мотороиспытательных станций (МИС).

При этом основными контролируемыми величинами являются количество и расход и прокачка.

Для контроля запаса (количества) и расхода топлива авиационных двигателей в процессе лётной эксплуатации применяются бортовые средства контроля индивидуальные для каждого типа ВС. По заложенным в их конструкцию физическим принципам это, как правило:

- 1) поплавковые топливомеры;
- 2) ёмкостные топливомеры;
- 3) турбинные расходомеры.

Топливомеры служат для измерения суммарного запаса топлива на борту ВС и количества топлива в каждом из баков топливной системы и установлены на всех типах ВС. Например, на вертолётах Ми-8МТ установлен поплавковый топливомер СКЭС-2027Б; на вертолётах Ми-26Т – ёмкостные топливомеры: системы управления и измерения топлива СУИТ-5-2; самолётах Ан-124 – СУИТ-3-2; самолётах Ан-148-100 – СУИТ-148.

Электрический рычажно-импульсный топливомер СКЭС-2027Б [1] предназначен для дистанционного измерения запаса топлива в баках вертолётов Ми-8МТ, а также для сигнализации как полной заправки баков, так и аварийного остатка топлива в расходном баке. Измерение запаса топлива в баке или во всех баках вертолёта (за исключением правого дополнительного) основано на принципе преобразования неэлектрической величины (переменной высоты уровня топлива) в электрическую величину – переменное, активное сопротивление, меняющееся в соответствии с изменением уровня топлива. Это переменное, активное сопротивление подключается к электроизмерительному показывающему прибору БЭ-09К (рис. 1), расположенному в кабине экипажа вертолёта Ми-8МТ.

Для преобразования неэлектрической величины, т.е. высоты уровня топлива, в электрическую величину служат реостатные датчики, установленные в топливных баках [1]. При изменении уровня топлива поплавков датчика, находящийся на поверхности топлива, следует за изменением уровня



Рис. 1
Указатель топливомера СКЭС-2027Б в кабине экипажа вертолёта Ми-8МТ

и через механическую передачу (систему рычагов) перемещает движок реостата, расположенного в корпусе датчика.

Движок, перемещаясь, изменяет сопротивление плеча реостата, что вызывает изменение величины токов, протекающих по рамкам логометра БЭ-09К, а следовательно и отклонение стрелки указателя.

К методическим погрешностям поплавковых топливометров можно отнести:

- а) погрешности, обусловленные изменением положения топлива в баке при продольных и поперечных наклонах ВС и при движении ВС с продольным и поперечным ускорениями;
- б) погрешности, вызванные влиянием температуры на уровень топлива (в соответствии с коэффициентом объёмного расширения топлива);
- в) погрешности, обусловленные приближениями, допущенными при проектировании прибора (в частности, аппроксимацией характеристик реостатов и др.).

Инструментальные погрешности поплавковых топливометров аналогичны погрешностям других электромеханических приборов и определяются несовершен-

ством механических и электрических элементов, наличием сил трения, люфтов, влиянием температуры на механические, электрические и магнитные свойства деталей и узлов и др.

Система управления и измерения топлива СУИТ-148 [2], установленная на самолётах Ан-148-100, предназначена для:

- измерения запаса топлива в каждом баке и суммарного запаса топлива в полёте отдельно на каждый двигатель;
- измерения запаса топлива в каждом баке на земле по индикаторам на щитке заправки;
- выдачи информации о суммарном запасе топлива на ВС в БЦВМ и аварийный регистратор;
- выдачи сигналов о суммарном запасе топлива на ВС через ответчик СО-72М на землю;
- выдачи сигналов в систему автоматического управления порядком расходования топлива и сигнализации резервного остатка топлива;
- выдачи сигналов в систему автоматического управления закрытием заправочных и магистральных кранов.

Измерение массы топлива производится датчиками системы СУИТ-148 [2] по двум каналам с выдачей результатов на переднюю панель пульта ПКУ-50-1 (рис. 2), установленную в кабине экипажа самолёта Ан-148-100.

Принцип действия датчиков основан на измерении изменения электрической ёмкости датчика-конденсатора при изменении уровня топлива и преобразовании его в электрический сигнал. Для устранения методической погрешности в измерении массы топлива, возникающей при изменении температуры топлива, датчики типа

ДТК снабжены температурными компенсаторами, сопротивление которых изменяется в зависимости от температуры топлива.

Контроль функционирования измерительной части системы (платы модуля МТ с датчиками) СУИТ-148 [2] осуществляется программным способом периодическим подключением контрольных каналов. По результатам допускового контроля формируется матрица состояния. Проводится также допусковой контроль входных сигналов от каждой группы ёмкостных датчиков. Матрица состояния анализируется вычислительной частью системы, которая передает информацию об отказах во внешние управляющие системы самолёта.

В электрическую схему системы СУИТ-5-2, установленной на вертолётах Ми-26Т, – согласно эксплуатационной документации – входят 16 датчиков, указатели (рис. 3), релейный блок, а также аппаратура управления, коммутации, защиты, контроля и сигнализации. Функционально СУИТ-5-2 состоит из двух основных частей: автомата измерения топлива и автоматической части управления блоками перекачивающих насосов, кранами заправки и сигнализацией. В автомате измерения топлива применяются электроёмкостные датчики, расположенные в топливных баках. Измерительная часть СУИТ-5-2 состоит из шести независимых измерительных каналов (ИК) по числу баков и групп баков, в которых измеряется уровень топлива. В каждом ИК сигнал с группы датчиков поступает на соответствующий указатель (рис. 3) и далее – на указатель суммарного запаса.

К методической для ёмкостных топливомеров относится погреш-



Рис. 2
Пульт ПКУ-50-1 системы управления и измерения топлива СУИТ-148 в кабине экипажа самолёта Ан-148-100



Рис. 3
Указатель системы СУИТ-5-2 в кабине экипажа вертолёта Ми-26Т

ность, обусловленная изменением диэлектрической проницаемости топлива при изменении его температуры и сорта. Поскольку датчик ёмкостного топливомера значительно компактнее, чем поплавкового, представляется возможным разместить несколько датчиков в различных точках одного бака, что приводит к уменьшению методической погрешности, вызываемой изменением положения топлива в баке при наклонах и ускорениях ВС. Инструментальные погрешности ёмкостного то-

пивомера возникают под влиянием температуры на параметры элементов мостовой схемы (конденсаторов, резисторов). Уменьшение этих погрешностей достигается применением элементов с малыми температурными коэффициентами или введением температурной компенсации.

Турбинные расходомеры (такие, как системы измерения расхода топлива СИРТ [3] и расходомеры РТМС [4]) устанавливаются обычно на самолётах и обеспечивают во всех условиях эксплуатации:

- измерение текущего значения запаса топлива на один двигатель объекта с приведенной погрешностью $\leq \pm 3,0\%$;
- измерение текущего значения расхода топлива в рабочем диапазоне с относительной погрешностью $\leq \pm 3,0\%$ от измеряемого значения расхода;
- в диапазоне расходов от 600 до 1500 кг/ч – не более ± 60 кг/ч;
- измерение и выдачу в бортовую систему регистрации параметров текущего значения температуры топлива, проходящего через датчик, с погрешностью не более $\pm 3^\circ\text{C}$ и текущего значения плотности топлива, проходящего через датчик, с погрешностью не более $\pm 0,004$ кг/л.

Когда нужны ССИ

Для наземных лабораторных проверок бортовых средств контроля расхода топлива и масла в организациях по ТО широко применяется такая аппаратура, как устройства наземного контроля типа УПТ-48, контрольно-проверочная аппаратура КПА-ТПР1Т, КПА-ИС-1, КПА-ИС-2 [5] (рис. 4), и целый ряд им подобных, явля-



Рис. 4
Контрольно-проверочная аппаратура ёмкостных топливомеров КПА-ИС-2

ющиеся компактными переносными устройствами.

Все они относятся к категории специальных средств измерений (ССИ). Особенностью метрологического обеспечения ССИ, в том числе и ССИ расхода топлива (УПТ-48, КПА-ТПР1Т, КПА-ИС-1 или КПА-ИС-2 и других), является то, что они не внесены в государственный реестр средств измерений, поскольку проходили испытания как изделия АТ совместно с типами ВС, для которых разрабатывались [6].

Видом метрологического обслуживания для них (как находящихся вне сферы государственного регулирования), согласно Федеральному закону РФ от 26.06.2008 г. № 102-ФЗ [7], является калибровка. Процедуры организации и проведения калибровки ССИ в метрологических службах предприятий ВТ регламентированы в документах отраслевой системы обеспечения единства измерений. При этом используется техническая подсистема государственной системы обеспече-

ния единства измерений по ГОСТ Р 8.000 [8].

В настоящее время на отечественном ВТ наметилась положительная тенденция на замену устаревших типов ССИ. Успешно применяются две отечественные разработки в части проверок бортовых средств контроля (в том числе и таких параметров, как расход топлива и масла), изготовленные на основе современной элементной базы и с применением компьютерных технологий, – это наземная автоматизированная система НАСКД-200 и контрольно-проверочный комплекс КПК-6 [9, 10]. Управление процессом проверки оборудования осуществляется с помощью программного обеспечения. Интерфейсы мониторов комплексов позволяют оперативно и наглядно контролировать ход тестирования. Номенклатура проверок и регулировок параметров бортовых средств контроля топлива и масла с применением НАСКД-200 и КПК-6 полностью соответствует регламентам ТО ВС.

Стендовые испытания: обеспечить достоверность исследований

Стендовые испытания авиационных двигателей на МИС после ремонта проводятся для подтверждения соответствия допустимым уровням, в том числе параметров расходов топлива или масла и прокачки масла с применением для этой цели измерительных каналов (ИК), входящих в комплект стенда. При этом требования к стендовой системе измерения расхода топлива излагаются в отдельном отраслевом стандарте. Для подтверждения возможности проведения испытаний и достоверности получаемых результатов выполняется аттестация стендов

МИС, которая включает в себя, в том числе и аттестацию ИК расхода топлива или масла и прокачки масла. Работы проводятся с учётом положений ГОСТ Р 8.568-97 [11]; директивы Авиационной администрации от 13.11.2000 г. № 71/р [12]; ОСТ 54-3-1572.80-2001 [13]; а также ОСТ 101021-93 [14].

Специалистами метрологической службы ФГУП ГосНИИ ГА разработаны методы проведения аттестации ИК расхода топлива и масла, а также прокачки масла стендов МИС ГТД в ремонтных организациях. В основе методов лежит определение погрешности экспериментальным, расчётно-экспериментальным и расчётным путем. При этом используются результаты как прямых, так и косвенных измерений. Методы вне-

дрены при проведении первичных и периодических аттестаций стендов МИС таких ГТД, как Д-30КУ, Д-30КУ-154, Д-30КП, АИ-20, АИ-24, ТВ2-117, ТВ3-117; вспомогательных силовых установок АИ-9, РУ-19-А300, ТА-6 (6А), ТГ-12, ТГ-16; а также поршневых двигателей АШ-62ИР, АИ-14Р, АИ-14ИР, М-14П, М-14В26 и других.

Для повышения достоверности аттестуемые характеристики исследуются и нормируются с доверительной вероятностью 0,95. Для обеспечения соответствия требованиям ОСТ 101021-93 [14] по результатам обработки экспериментальных данных суммарная погрешность аттестуемого ИК расхода топлива не должна превышать $\pm 0,5\%$ от измеряемой величины, расхода масла – $\pm 3,0\%$, прокачки масла – $\pm 5,0\%$ от нормированного значения.

Измерительный канал расхода топлива ТРД (рис. 5), в основе которого заложен весовой метод, может состоять из технологического топливного бака, подвешенного на силоизмерительном датчике (рис. 6), и указателя, размещенного на панели в кабине управления испытательного стенда МИС.

Для ТРД, выполняющих функции вспомогательных силовых установок с расходом топлива до 225 кг/ч, в состав измерительного канала могут входить ротаметры, например, типа РС-5 (рис. 7), мерный бак, имеющий шкалу с дискретностью отсчета 1 л, штих-пробер с оцифровкой от 10 до 50 л и электрический секундомер. В этом случае при аттестации производится слив 10 л топлива, при этом слив производится для трёх серий измерений для диапазонов с начальными значениями 50, 40 и 30 л и до соответствующих им конечных значений 40, 30 и 20 л

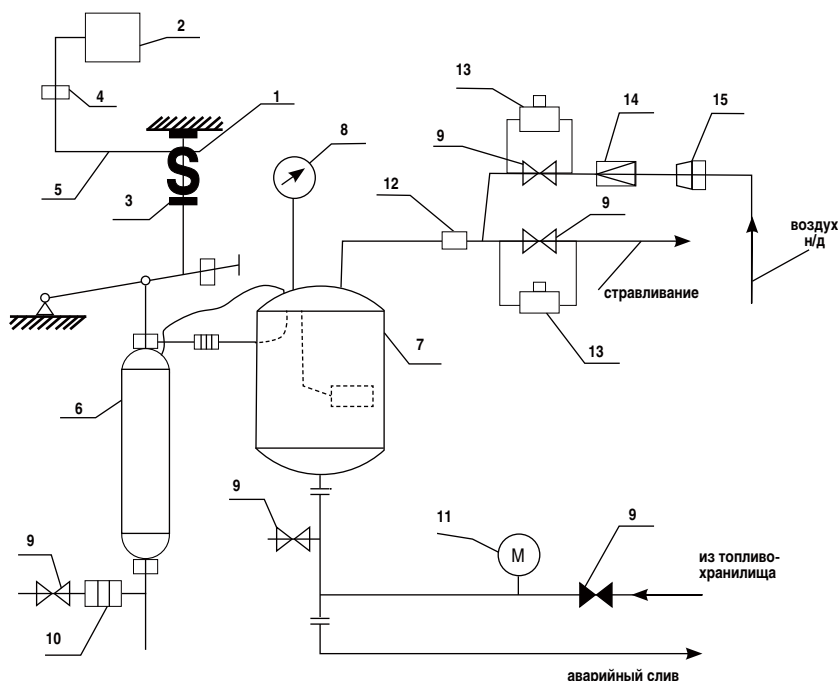


Рис. 5

Блок-схема измерительного канала расхода топлива испытательного стенда ТРД:

1. Силоизмерительный датчик; 2. Весовой терминал; 3. Проушина со сферическим подшипником; 4. Преобразователь; 5. Кабель; 6. Бак весовой; 7. Компенсационный бак; 8. Указатель уровня; 9. Вентиль; 10. Кран сливной; 11. Манометр; 12. Патрон силикагелевый; 13. Электроклапаны; 14. Редуктор; 15. Фильтр воздушный



Рис. 6

Элемент измерительной схемы аттестации ИК расхода топлива (весовой метод):
6а – технологический топливный бак, подвешенный на измерительном датчике;
6б – измерительный датчик



Рис. 7

Элемент измерительной схемы аттестации ИК расхода топлива ТРД (объемный метод) – ротаметр РС-5

с измерением времени слива. Ротаметры имеют условную шкалу, отградуированную в безразмерных единицах. Время слива 10 л топлива в зависимости от начальных отметок шкалы мерного бака составляет ориентировочно от 300 до 600 с для объемов от 30 до 50 л. При метрологической аттестации производится расчет расхода в литрах в секунду с пересчетом в литры в час и килограммы в час. Количество измерений n в каждой серии равно 6.

В состав измерительного канала прокачки масла для маршевого ТВД в зависимости от заложенной при проектировании стенда МИС конструкции могут входить штихпроберы с мерной шкалой, счетчики жидкости, весовые головки и иные измерительные устройства. При этом значение прокачки масла через маршевый ТВД (не путать с расходом масла) может составлять от 65 до 95 л/мин. Элемент одного из вариантов измерительной схемы аттестации ИК прокачки масла мар-

шевого ТВД представлен на рис. 8. В зависимости от этого выбираются и средства аттестации, которыми могут являться, например, образцовые мерники 2-го разряда с минимальной погрешностью на наливной объем.

Выводы и предложения

1. На основе системного подхода представлена структура направлений авиационной деятельности на ВТ, связанных с контролем и измерениями параметров запаса и расхода топлива (часового и мгновенного), расхода и прокачки масла [15], проведен ее анализ, рассмотрены вопросы обеспечения единства измерений параметров расхода топлива и масла.

2. При выполнении калибровки специальных средств измерений расхода топлива и масла в метрологических службах предприятий ВТ для обеспечения связи с государственными поверочными схемами применяются индивидуальные ме-



Рис. 8

Элемент измерительной схемы аттестации ИК прокачки масла маршевого ТВД

тодики метрологического обслуживания под каждый тип ССИ, разработанные как изготовителями ССИ, так и ФГУП ГосНИИ ГА.

3. Метрологическое обслуживание ССИ, предназначенных для лабораторных проверок бортовых средств контроля запаса и расхода топлива, проводится в метрологи-



ческих службах предприятий ВТ, подтвердивших свою техническую компетентность в установленном порядке [6, 16], а также имеющих систему качества, соответствующую положениям ГОСТ ИСО/МЭК 17025 [17].

4. В развитие стандартов ОСТ 54-3-1572.80 [13] и ОСТ 101021 [14] под руководством и при непосредственном участии автора разработаны методы проведения аттестации измерительных каналов параметров расхода топлива и масла испытательных стендов авиационных двигателей в организациях по ремонту. Методы внедрены при проведении специалистами метрологической службы ФГУП ГосНИИ ГА первичных и периодических аттестаций испытательных стендов как газотурбинных, так и поршневых двигателей.

5. При выполнении на ВТ инструментального контроля параметров расхода топлива и масла обеспечивается единство измере-

ний и их прослеживаемость от государственных первичных эталонов до специальных средств измерений, испытательного оборудования, а также входящих в конструкцию ВС бортовых средств контроля топливной и масляной систем [15].

6. При проведении работ по метрологическому обеспечению измерений параметров расхода топлива и масла (как при калибровке ССИ, так и при аттестации измерительных каналов) учитываются метрологические риски [18, 19], ГОСТ 56116 [20], возникающие в авиационной деятельности на воздушном транспорте.

7. Метрологическое обеспечение измерений расхода топлива и масла для организаций ВТ является неотъемлемой частью систем менеджмента безопасности авиационной деятельности [21, 22], а также систем менеджмента качества в части управления оборудованием для мониторинга и измерений согласно требованиям ГОСТ

Р ЕН 9110 [23], ГОСТ Р ЕН 9100 [24] и ГОСТ Р ИСО 9001 [25]. Важность работ по метрологическому обеспечению обусловлена помимо прочего Законом РФ от 27.12.02 № 184-ФЗ [26], в котором единство измерений отнесено к одному из видов безопасности.

Литература

1. Электрический рычажно-импульсный топливомер СКЭС-2027Б. Руководство по технической эксплуатации.
2. Система управления и измерения топлива СУИТ-148. Руководство по технической эксплуатации 6Т 1.620.049 РЭ.
3. Система измерения расхода топлива СИРТ 1-2т. Руководство по технической эксплуатации.
4. Расходомер часового (мгновенного) и суммарного расхода топлива РТМС. Руководство по технической эксплуатации.
5. Контрольно-проверочная аппаратура КПА-ИС-2. Руководство по технической эксплуатации.
6. Богоявленский А.А., Ермолаева О.Л. Об организации и проведении работ по обеспечению единства измерений на воздушном транспорте // Научный вестник ГосНИИ ГА. – 2012. – № 2 (313). – С. 24–29.
7. Федеральный закон РФ от 26.06.2008 г. № 102-ФЗ “Об обеспечении единства измерений”.
8. ГОСТ Р 8.000–2015. Государственная система обеспечения единства измерений. Основные положения.
9. Богоявленский А.А., Боков А.Е., Матюхин К.Е. Метрологическое обеспечение эксплуатационных испытаний наземной автоматизированной системы контроля: методология и анализ результатов // Научный вестник МГТУ ГА. – М., 2015. – № 219 (9). – С. 137–143.
10. Богоявленский А.А., Боков А.Е. Аттестация программного обеспечения специальных СИ на воздушном транспорте // Мир измерений. – 2012. – № 11. – С. 14–22.
11. ГОСТ Р 8.568–97. Государственная система обеспечения единства измерений. Аттестация испытательного оборудования. Основные положения.
12. О внедрении в организациях гражданской авиации государственного стандарта Государственная система обеспечения единства измерений. Аттестация испытательного оборудования. Основные положения // Рас-

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ ЗАПАСА И РАСХОДА РАБОЧИХ ЖИДКОСТЕЙ

ПРИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

поряжение Минтранса РФ от 13.11.2000 г. № 71/р.

13. ОСТ 54–3–1572.80–2001. Отраслевая система обеспечения единства измерений. Аттестация испытательного оборудования. Порядок проведения.

14. ОСТ 101021–93. Стенды испытательные авиационных газотурбинных двигателей. Общие требования.

15. Богоявленский А.А. Измерение запаса и расхода топлива в процессах лётно-технической эксплуатации авиационных двигателей // Авиасоюз. – 2017. – № 5 (67). – С 42–43.

16. Богоявленский А.А., Ермолаева О.Л. Оценка технической компетентности калибровочных лабораторий специальных средств измерений // Научный вестник ГосНИИ ГА. – 2013. – № 3 (314). – С. 33–40.

17. ГОСТ ИСО/МЭК 17025–2009. Требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий.

18. Богоявленский А.А., Боков А.Е. Постановка задачи разработки методов управления метрологическими рисками негативных ситуаций в авиационной деятельности // Мир измерений. – 2013. – № 10. – С. 3–7.

19. Богоявленский А.А. Оценка метрологических рисков в системе менеджмента безопасности авиационной деятельности // Интеллектуальные системы измерений, контроля, управления и диспетчеризации в промышленности: сб. докл. междунар. науч. – техн. конф. – М.: Компания ИТЕ; МАИ, 2014. – С. 43–47.

20. ГОСТ 56116–2014. Воздушный транспорт. Система менеджмента безопасности авиационной деятельности. Метрологические риски. Основные положения.

21. Приложение 19 к Конвенции о международной гражданской авиации. Управление безопасностью полетов. – ИКАО. – 1-е изд. – 2013–08–23.

22. Богоявленский А.А., Гипич Г.Н., Шапкин В.С. Единый подход к национальным стандартам менеджмента риска в системе факторного управления безопасностью авиационной деятельности // Экономика качества. – 2015. – 10. – С. 73–78. – Режим доступа: <http://eq-journal.ru/archive/2015/номер-2> (10).

23. ГОСТ Р ЕН 9110–2011. Системы менеджмента качества. Требования к организациям технического обслуживания авиационной техники.

24. ГОСТ Р ЕН 9100–2011. Системы менеджмента качества организаций авиационной, космической и оборонных отраслей промышленности. Требования.

25. ГОСТ Р ИСО 9001–2008. Системы менеджмента качества. Требования.

26. Закон РФ от 27.12.02 № 184-ФЗ “О техническом регулировании”.

References

1. Electric lever-impulse fuel gauge SKES-2027Б. Manual of technical operation.

2. Control system and fuel measurement SUIT-148. Manual of technical operation 6T 1.620.049 RE.

3. Measurement system of fuel consumption SIRT1–2T. Manual of technical operation.

4. Flow meter time (instant) and total fuel consumption RTMS. Manual of technical operation.

5. Testing equipment KPA-IS-2. Manual of technical operation.

6. Bogoyavlenskiy A.A., Ermolaeva O.L. On the organization and carrying out of works on ensuring the uniformity of measurements in air transport // Scientific Vestnik GosNII GA. – 2012. – № 2 (313). – P. 24–29.

7. Federal law of the Russian Federation from 26.06.2008, № 102-FZ “On ensuring the unity of measurements”.

8. GOST R 8.000–2015. State system for ensuring the uniformity of measurements. The main provisions.

9. Bogoyavlenskiy A.A., Bokov A.E., Matyukhin K.E. Metrological support of ex-operational testing of ground-based automated control systems: methodology and analysis // Scientific Bulletin of MSTUCA. – M., 2015. – № 219 (9). – P. 137–143.

10. Bogoyavlenskiy A.A., Bokov A.E. Certification software special a measurement means at air transport // Measurement World. – 2012. – № 11. – P. 14–22.

11. GOST R 8.568–97. State system for ensuring the uniformity of measurements. Certification of testing equipment. The main provisions.

12. The introduction in the civil aviation organizations of the state standard State system for ensuring the uniformity of measurements. Certification of testing equipment. The main provisions // The Order of Ministry of transport of the Russian Federation dated 13.11.2000, № 71/R.

13. OST 54–3–1572.80–2001. Sectoral system of ensuring the uniformity of measurements. Certification of testing equipment. The order of.

14. OST 101021–93. Test benches, aircraft gas turbine engines. General requirements.

15. Bogoyavlenskiy A.A. Measurement of supply and fuel consumption in the processes of flight-technical exploitation of aircraft engines // AviaSoyuz. – 2017. – № 5 (67). – P. 42–43.

16. Bogoyavlenskiy A.A., Ermolaeva O.L. Assessment of technical competency of calibration laboratories special Certification software special a measurement means of air transport // Scientific Vestnik GosNII GA. – 2013. – № 3 (314). – P. 33–40.

17. GOST ISO/IEC 17025–2009. Requirements for the competence of testing and calibration laboratories.

18. Bogoyavlenskiy A.A., Bokov A.E. Statement of the problem the development of methods of metrological control risk negative situations in aviation // Measurement World. – 2013. – № 10. – P. 3–7.

19. Bogoyavlenskiy A.A. Estimation of metrological risks in the safety management system aviation // Intellectual systems of measurement, monitoring, control and dispatching in the industry]. Intern. scientific. – tech. Conf. – M.: ITE; MAI 2014. – P. 43–47.

20. GOST 56116–2014. Air transport. The safety management system of airline operational activities. Metrological risks. The main provisions.

21. Annex 19 to the Convention on international civil aviation. The management of safety. – ICAO. – 1st ed. – 2013–08–23.

22. Bogoyavlenskiy A.A., Gipich G.N., Shapkin V.S. A Unified approach to national management standards the risk factor in the system safety management aviation-activity // The economics of quality. – 2015. – № 2 (10). – P. 73–78.

23. GOST R EN 9110–2011. The quality management system. Requirements to organization of technical maintenance of aircraft equipment.

24. GOST R EN 9100–2011. The quality management system of organizations in aviation, space and defense industries. Requirements.

25. GOST R ISO 9001–2008. The quality management system. Requirements.

26. The law of the Russian Federation № 184-FZ dated 27.12.02 “On technical regulation”.

Annotation

In the report examines the questions of metrological assurance of control parameters of fuel and oil in flight-technical exploitation of aircraft engines, employs in this case means and methods of the measurements and their errors.