

При измерениях спектрорадиометр устанавливался на треноге на высоте 1,0–1,5 м над поверхностью земли. Для каждого нового положения оптической оси прибора регистрировалось не менее 10 спектров. Регистрация спектра отражения эталонного экрана проводилась непосредственно сразу же после измерения излучения от объекта, что минимизировало возможные изменения условий освещения. Значения КСЯ тестовых объектов получали нормированием значений СПЭЯ тестовой точки на величину СПЭЯ эталонного отражательного экрана.

Авиационные измерения проводились с борта авиационного носителя Авиатика МАИ-830 (рисунок 2) с высот 250 м и 900 м. Результаты авиационных и наземных измерений группировались и сортировались по тестовым точкам, пересчитывались в абсолютные единицы СПЭЯ и КСЯ, проводились усреднения спектров по пространственным измерительным точкам отдельных тестовых калибровочных участков и т. д. Пример предварительно обработанных данных представлен на рисунке 3.

УДК 682.62.018.012

ПРОБЛЕМЫ НОРМИРОВАНИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НЕСТАНДАРТИЗОВАННЫХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

Цитович Б.В.¹, Соколовский С.С.²

¹*Белорусский государственный институт повышения квалификации по стандартизации, метрологии и управлению качеством, Минск, Республика Беларусь*

²*Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь*

Среди всех технических устройств средства измерений (далее – СИ) выделяются рядом специфических особенностей, одна из которых состоит в необходимости нормирования их метрологических характеристик. Одна из проблем такого нормирования связана с трактовкой некоторых ключевых понятий, используемых в этой сфере. Для проведения анализа этой проблемы за основу примем определение из РМГ 29-2013 «Рекомендации по межгосударственной стандартизации. ГСИ. Метрология. Основные термины и определения» (который не включен Госстандартом Республики Беларусь в перечень документов, используемых в РБ, но действует в рамках СНГ), а также ГОСТ 8.009-84 «Межгосударственный стандарт. ГСИ. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений» (анализируемые стандартные определения некоторых понятий выделены в тексте курсивом).

Между этими двумя документами есть некоторые нестыковки, но поскольку оба они являются действующими в СНГ, пользоваться приходится обоими. Кроме того, они дополняют друг друга, в частности, термины «вид выходного кода», «число разрядов выходного кода», «цена

Литература

1. Цикман, И.М. Специализированный метрологический комплекс спектрально-энергетических калибровок систем оптического дистанционного зондирования / И.М. Цикман, Ю.В. Беляев, А.П. Попков // Приборостроение-2012; редкол.: О.К. Гусев [и др.]. – Минск : БНТУ, 2012 г. – С. 234–236.

2. Беляев Б.И., Беляев М.Ю., Сармин Э.Э., Гусев В.Ф., Десинов Л.В., Иванов В.А., Крот Ю.А., Мартинов А.О., Рязанцев В.В., Сошенко В.А. Устройство и летные испытания научной аппаратуры «Видеоспектральная система» на борту российского сегмента МКС // Космическая техника и технологии – 2016, № 2 (13). – С. 12-20.

3. Разработка комплекса наземной спектральной аппаратуры для обеспечения полетных калибровок спутниковых съемочных систем / Б.И. Беляев [и др.] // Шестой Белорусский космический конгресс: Материалы конгресса. В 2 т. (28-30 октября 2014 года, Минск). – Минск : ОИПИ НАН Беларуси, 2014. – Т. 1. – С. 234–237.

единицы наименьшего разряда кода», «номинальная ступень квантования», относящиеся к СИ с дискретным выходом, представлены именно в ГОСТ 8.009.

Средство измерений – техническое средство, предназначенное для измерений и имеющее нормированные (установленные) метрологические характеристики. В этом определении, как и в других, упоминаются метрологические характеристики – основные свойства, которыми СИ отличаются от всех остальных технических устройств.

Метрологическая характеристика средства измерений – характеристика одного из свойств средства измерений, влияющая на результат измерений. Определение «неудачное», поскольку говорить о влиянии на результат измерений, например, диапазона измерений СИ не вполне корректно. Как любое техническое устройство СИ имеет ряд технических характеристик, из которых определяющими для этих технических объектов являются метрологические характеристики (далее – МХ). К МХ можно отнести те технические характеристики, которые непосредственно связаны с измерениями (полу-

чением, преобразованием и выдачей измерительной информации). У любого СИ есть технические характеристики, которые непосредственно не связаны с измерениями, например, масса СИ, его габаритные размеры, энергопотребление и др.

Метрологические характеристики очень разнообразны и имеют разную ценность для пользователей, разработчиков и исследователей СИ. Поэтому из всего возможного разнообразия для конкретных типов СИ устанавливают (нормируют) только выбранные метрологические характеристики.

Разработчики СИ сталкиваются с необходимостью нормировать МХ, что особенно сложно при разработке новых СИ, не имеющих прямых аналогов среди стандартных типов. Поскольку решаемые задачи часто однотипные, рассмотрим возникающие проблемы на примере нормирования МХ измерительных приборов, как обладающие достаточной общностью.

Измерительный прибор – средство измерений, предназначенное для выработки сигнала измерительной информации в форме, доступной для непосредственного восприятия. Измерительный прибор осуществляет полный цикл измерения: он получает измерительную информацию об измеряемой физической величине от объекта измерений, преобразует ее и выдает в форме, поддающейся непосредственному восприятию оператором.

Нормируемые метрологические характеристики СИ по ГОСТ 8.009 делят на группы, которые включают:

– характеристики, предназначенные для определения результатов измерений (без введения поправки);

– характеристики погрешностей СИ.

В стандарте упоминаются группы характеристик чувствительности СИ к влияющим величинам, динамических характеристик СИ, неинформативные параметры выходного сигнала СИ, а также группа, названная «характеристики СИ, отражающие их способность влиять на инструментальную составляющую погрешности измерений вследствие взаимодействия СИ с любым из подключенных к их входу или выходу компонентов (таких как объект измерений, средство измерений и т. п.)».

Метрологические характеристики, включенные в первую группу («номинальные») достаточно важны, но практически не меняются в процессе эксплуатации, поэтому им уделяют несколько меньше внимания по сравнению с характеристиками второй группы, которые регламентируют точность СИ. В ГОСТ 8.009 эти характеристики названы характеристиками погрешности средства измерений. Однако термин «точностные характеристики», представ-

ленный в РМГ 29, является более общим, поскольку точность характеризуют не только погрешностями, но и неопределенностью.

Точностные характеристики средства измерений – совокупность метрологических характеристик средства измерений, влияющих на точность измерения.

Номинальные МХ, как и характеристики других групп, в значительной мере определяют структуру и возможности методики выполнения измерений (МВИ). Однако точностные характеристики СИ (наряду с точностными характеристиками метода измерений, условий и субъективными) существенно влияют на точность измерений, которая является одной из важнейших характеристик МВИ. Поэтому точностным характеристикам СИ уделяется особое внимание.

Различают интегральные и частные точностные характеристики СИ. К интегральным можно отнести точность и класс точности средства измерений. Пользователь предпочитает частные МХ точности СИ. К ним можно отнести погрешность средства измерений, нестабильность, смещение нуля и ряд других.

Нормативную характеристику, ограничивающую реальную погрешность годного средства измерений называют «предел допускаемой погрешности». Предел допускаемой погрешности средства измерений – наибольшее значение погрешности средства измерений (без учета знака), устанавливаемое нормативным документом для данного типа средств измерений, при котором оно еще признается метрологически исправным. В эти границы должна укладываться основная погрешность средства измерений – погрешность средства измерений, применяемого в нормальных условиях.

Наряду с основной погрешностью СИ часто рассматривают его дополнительную погрешность (составляющую погрешности СИ, возникающую дополнительно к основной погрешности вследствие отклонения какой-либо из влияющих величин от нормального значения или вследствие ее выхода за пределы нормальной области значений). Относить «дополнительную погрешность» в приведенной трактовке только к погрешности средства измерений не всегда правильно, поскольку причиной возникновения этой составляющей погрешности измерения является отклонение влияющей величины от нормального значения. Это отклонение может привести не только к искажению сигнала в средстве измерений, но и к искажению объекта измерений (изменению значения измеряемой величины). Поэтому попытка учета воздействия влияющих величин только на средство измерений может оказаться недостаточной.

Основную погрешность СИ иногда разделяют на систематическую и случайную составляющие. При этом ансамбль систематических погрешностей группы однотипных СИ (генеральной совокупности этих СИ) будет представлять собой совокупность случайно распределенных систематических погрешностей, каждая из которых представляет собой детерминированную величину (принцип рандомизации систематических погрешностей). Сложности трактовки составляющих основной погрешности СИ (в том числе таких характеристик, как порог чувствительности, «разрешение» и «разрешающая способность измерительного прибора», «предел обнаружения» и др.) и отсутствие необходимости дифференциации этих составляющих погрешностей СИ, особенно систематических и случайных составляющих, приводит к отказу от их нормирования для рабочих СИ.

Еще менее удачной представляется попытка использования такой МХ как «инструментальная

неопределенность» (составляющая неопределенности измерений, обусловленная применяемым средством измерений или измерительной системой). Этот термин можно использовать для описания случайных составляющих показаний средств измерений, хотя при наличии термина «случайная погрешность средства измерений» он представляется не слишком нужным. Отказ от дифференциации систематических и случайных составляющих погрешностей СИ, приводит к отсутствию необходимости использования этой МХ. Сторонников неопределенности измерений, которые пытаются использовать ее вместо оценок погрешностей («более современный подход»), следует предупредить, что у определенных типов СИ систематическая составляющая погрешности значительно превышает случайную, а поэтому использование «инструментальной неопределенности СИ» может привести к неоправданному искажению оценки его точностных характеристик.

УДК 543.082/084:54-14; 544.01.082/084

ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЙ МЕТОД КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ АВТОМОБИЛЬНЫХ МАСЕЛ

Карпович И.А.¹, Лебедев В.И.², Молчанов А.Г.², Солодуха В.А.², Оджаев В.Б.¹,
Просолович В.С.¹, Янковский Ю.Н.¹, Черный В.В.³

¹ Белорусский государственный университет, Минск, Республика Беларусь

² Открытое акционерное общество «ИНТЕГРАЛ»-управляющая компания холдинга «ИНТЕГРАЛ»
Минск, Республика Беларусь

³ Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

Двигатели современных автомобилей в процессе эксплуатации испытывают высокие механические и тепловые нагрузки, что определяет повышенные требования к качеству моторных масел. Деградация эксплуатационных характеристик масла в процессе работы двигателя обусловлена изменением физико-химических свойств масла и приводит к необходимости его замены в соответствии с регламентом, определяемым производителем. Однако, основные физико-химические показатели масла не всегда достигают предельных значений после регламентного пробега, указанного производителем для замены моторного масла, поскольку большое значение в данном случае имеют условия эксплуатации автомобиля (время работы двигателя, дорожные условия и т. п.) [1]. Разработка методов и средств контроля состояния моторных масел при различной степени нагруженности двигателя является актуальной задачей, решение которой позволит как повысить эффективность использования моторных масел, так и увеличить сроки эксплуатации двигателей транспортных средств.

Для проведения исследований разработан емкостной датчик контроля состояния моторных масел. Принцип действия датчика основан на гетеродинном методе – сравнении измеряемых резонансных частот для различных видов масел.

Структурная схема измерения представлена на рис.1. Генератор сигнала производит сканирование измерительной ячейки (колебательного контура) по частоте в диапазоне 100 Гц–10 МГц с заданным шагом. Одновременно микроконтроллер производит контроль амплитуды сигнала. При проведении сканирования по частоте микроконтроллер анализирует полученные данные и на ЖК-дисплее отображается значение частоты, соответствующее максимальной амплитуде сигнала, т. е. состоянию резонанса измерительной ячейки.

В работе исследовались синтетические, полусинтетические и минеральные моторные масла. В результате проведенных исследований установлено, что для синтетического моторного масла максимум резонансной частотной зависимости имеет более высокое значение, чем для минерального моторного масла (рис.2). Для полусинтетического моторного масла данный параметр имеет среднее значение по сравнению с синтетическим и минеральным моторным маслами. Это обусловлено различием в составе масел, а так же наличием различных присадок в синтетических маслах. Одним из основных комплексных физико-химических показателей масла является диэлектрическая проницаемость ϵ , которая зависит как от состава масла, так и времени использования его в двигателе. Для исходных масел диэлектрическая