

УДК 621.398

© Кукушкин С.С., Мазуров В.М

ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ ПРИ ПОЯВЛЕНИИ НЕШТАТНЫХ И АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Приводится анализ основных причин метрологических отказов систем телеизмерений в ходе испытаний летательных аппаратов. Рассмотрены методы борьбы с метрологическими отказами, которые используются при испытаниях ракетно-космической техники. Показаны примеры прикладного использования новых методов повышения метрологической надежности при представлении данных телеизмерений образцами-остатками.

«При всей очевидности необходимости многократного дублирования в публикациях ценных идей приходится признать, что каждый специалист, по-прежнему, владеет лишь небольшой частью накопленных в этой области знаний. Не удивительно, что приходится постоянно сталкиваться с игнорированием или повторением ранее полученных результатов, с уходом в тупиковые (с точки зрения практики) направления исследований, с беспомощностью при обращении к реальным данным, и т.д. Все это – одно из проявлений адаптационного механизма торможения развития науки [1].»

Существующая телеметрия является, по существу, телеметрией нормального пуска. Практика испытаний ракетно-космической техники (РКТ) свидетельствует о том, что к телеметрическому комплексу нет претензий в случае благоприятного исхода испытаний. Однако они, как правило, появляются при аварии и при возникновении нештатных ситуаций. Прежде всего, это связано с тем, что значения телеметрируемых параметров (ТМП) выходят за установленные (расчетные) пределы их изменения. Наблюдаемый при этом эффект «зашкаливания» ТМП приводит к локальной недостоверности данных телеизмерений (рис.1). Существующие методы контроля достоверности телеизмерений также не рассчитаны на нештатные и аварийные ситуации. Поэтому чаще всего, и результаты телеизмерений, и данные обработки ТМИ также оказываются недостоверными, что может привести к появлению оши-

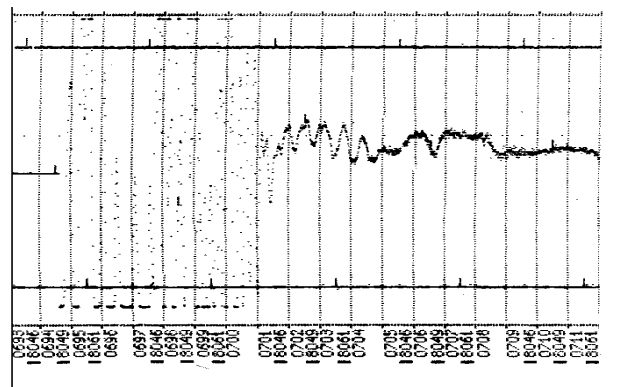


Рис. 1. График, иллюстрирующий выход значений телеметрируемого параметра за границы ожидаемого диапазона измерений. Метрологический отказ, при котором данные измерений становятся недостоверными при наличии устойчивого приема ТМИ, обусловлен сложностью выбора шкалы измерений

бок и выработке неверных решений. Сложность проблемы заключена в том, что именно в случае неблагоприятного исхода пуска и возникновении нештатных ситуаций необходимо однозначное (достоверное) установление причин аварий, но сделать это при существующем подходе к формированию и передаче ТМИ практически невозможно. Основная причина ее порождающая – методологическая.

Применительно к описанному явлению ее суть состоит в том, что шкалы телеизмерений выбираются из условий нормального пуска. А аномальная ситуация характеризуется тем, что реальные данные телеизмерений могут существенно превосходить по абсолютной величине расчетные значения.

*Кукушкин Сергей Сергеевич – доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник 4 ЦНИИ МО РФ;
Мазуров Валерий Михайлович, начальник 4 ГЦМП Министерства обороны РФ.*

При этом выбор шкалы телеизмерений производится в условиях следующего противоречия: ее расширение приводит к повышению достоверности ТМИ в аварийных и нештатных ситуациях, но сопровождается ухудшением точностных характеристик.

Существующая теория телеметрии чрезмерно обеднена и состоит из набора примитивных сведений [17]. В действительности современная телеметрия – это наука компромиссов, где наилучшие решения формируются в результате адаптивного выбора наиболее подходящих альтернатив. Поэтому ее будущее связано с проектированием и эксплуатацией адаптивных телеметрических систем. Этой проблематике посвящен ряд статей [4-16]. В них показано, что определяющая роль в повышении эффективности всего телеметрического комплекса (ТК) принадлежит бортовым системам. Реальный вклад в эффективность ТК модернизированных бортовых систем примерно в 9 раз больше по сравнению с тем, когда совершенствуется его наземная составляющая. Тем не менее совершенствованию бортовых систем телеизмерений уделяется недостаточно внимания.

Это свидетельствует также о том, что недостаточно внимания уделяется системному анализу перспектив совершенствования ТК. К числу общих методологических проблем следует отнести стремление к универсальности разрабатываемых комплексов на основе прежних примитивных принципов телеизмерений. При этом забывают (а многие просто не знают) об одном из основных законов природы, суть которого заключена в том, что «за универсальность необходимо расплачиваться потерей эффективности». Поэтому так много ошибок при проектировании ТК и определении основных направлений его совершенствования.

Наши предки-крестьяне хорошо понимали, что зимой необходимо телегу менять на сани, а с наступлением лета надо было все сделать наоборот. Таким образом, они приспосабливались к изменяющимся внешним условиям. Парадокс заключается в том, что этого не понимают многие организации промышленности, занимающиеся отработкой ракетно-космической техники (РКТ): разрабатываемые ими образцы, образно говоря, либо ориентированы на «телегу», либо на «сани». И это притом, что условия, в которых осуществляются испытания и штатная эксплуатация (ШЭ) РКТ, меняются значительно более разнообразно и быстро. Многие из них случайны по природе, поэтому их нельзя заранее спрогнозировать. Наиболее сложная обстановка в плане определения того, что же необходимо предпринять для управления летными испытаниями (ЛИ) РКТ и обеспе-

чения безопасности пусков складывается при возникновении нештатных и аварийных ситуаций.

1. Зарубежный и отечественный опыт решения проблем построения адаптивных систем и комплексов телеизмерений

Неопределенность, приводящая к ошибкам идентификации ТМИ и причин отклонений функционирования систем и агрегатов РКТ от «нормы», не только связана с эффектом «зашкаливания» значений ТМП. Она возникает также из-за недостаточной частоты опроса датчиков, а также из-за помех в каналах «борт-Земля». Проведенные исследования показали, что потери ТМИ из-за недостаточной частоты опроса датчиков касаются, прежде всего, параметров двигательной установки (ДУ). Они проявляются в процессе развития аварийной ситуации в ДУ, исходом которой является разрушение конструкции испытываемого изделия.

Доля телеметрируемых параметров ДУ в общем объеме медленно-меняющихся параметров (ММП) ракетносителей (РН) составляет примерно 15% ÷ 40%. Причем датчики ДУ опрашиваются обычно с частотой 50 Гц и 100 Гц. Однако для того, чтобы получить информацию о поведении параметров ДУ в аварийной ситуации, частота опроса соответствующих датчиков должна быть увеличена до 200 Гц ÷ 400 Гц.

Нельзя утверждать, что об этой проблеме ранее ничего не было известно. На рис. 2 приведена диаграмма, иллюстрирующая процесс подбора наиболее подходящих в метрологическом отношении шкал измерений.

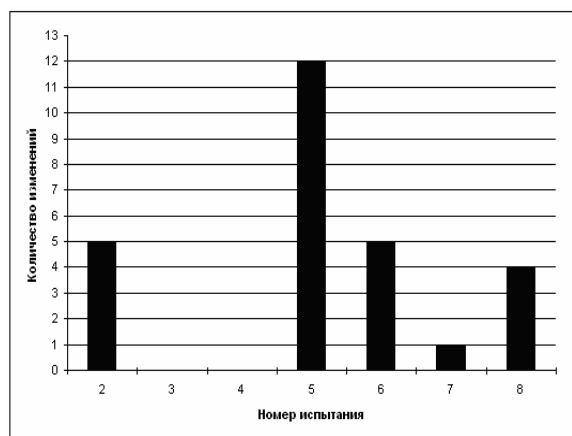


Рис. 2. Диаграмма, иллюстрирующая процесс подбора наиболее подходящих в метрологическом отношении шкал измерений (минимизирующих появление случаев «зашкаливания» значений ТМП, с одной стороны, и максимизирующий показатели точности телеизмерений) при решении оптимизационной задачи, заключающейся в адаптации системы телеизмерений к группе из двадцати вибропараметров (БМП), с другой стороны

Из диаграммы, прежде всего, следует, что эффект «зашкаливания» значений ТМП присутствует также и в условиях нормального (штатного) пуска. При этом во втором пуске этот эффект наблюдался у 5 БМП. Затем после коррекции шкал измерений эффект «зашкаливания» отсутствовал в 3 и 4 пусках, но при ЛИ №5 «зашкаливали» уже 12 датчиков из 20. В восьмом пуске их было 4. На операцию подбора шкал телеизмерений на основе метода «проб и ошибок» ушло 3 года, а процесс адаптации нельзя было признать удовлетворительным.

При этом представляет особую научную и практическую значимость системно-информационный анализ того, как проблема обеспечения информационной безопасности пусков и получения достоверных телеизмерений в нештатных и аварийных ситуациях решается в других странах, например, в США. В США и на французском полигоне «Куру» подстройка шкал телеизмерений осуществляется по мере необходимости в ходе ЛИ на основе оперативной обработки принимаемой ТМИ автоматизированным комплексом анализа данных и передачи команд управления с использованием командной радиолинии (КРЛ). Реальный пример подобного управления шкалами телеизмерений проиллюстрирован на рис. 3 и 4. При этом на рис. 3 приведен случай аварийной ситуации и изображены ТМП «угла тангажа» и «рыскания», а на рис. 4 те же параметры, но полученные в условиях «нормального» пуска.

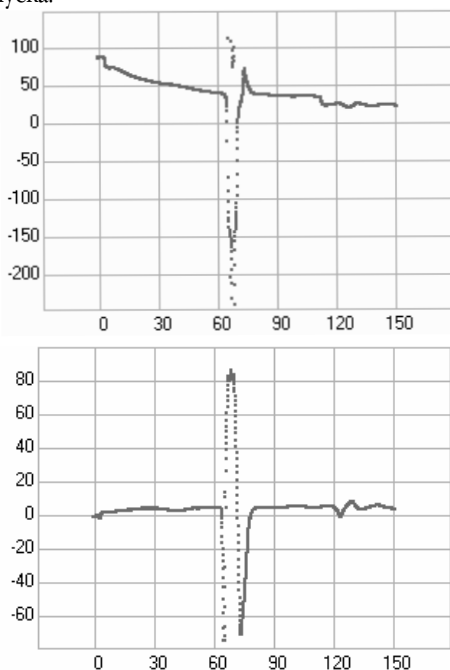


Рис. 3. Изменение угла тангажа и рыскания при нештатном пуске БРПЛ «Трайидент-1» [аварийная ситуация вызвана «недорубом» соединительного отсека (СО1) первой и второй ступени (не разорвался один из соединительных пироболтов)]

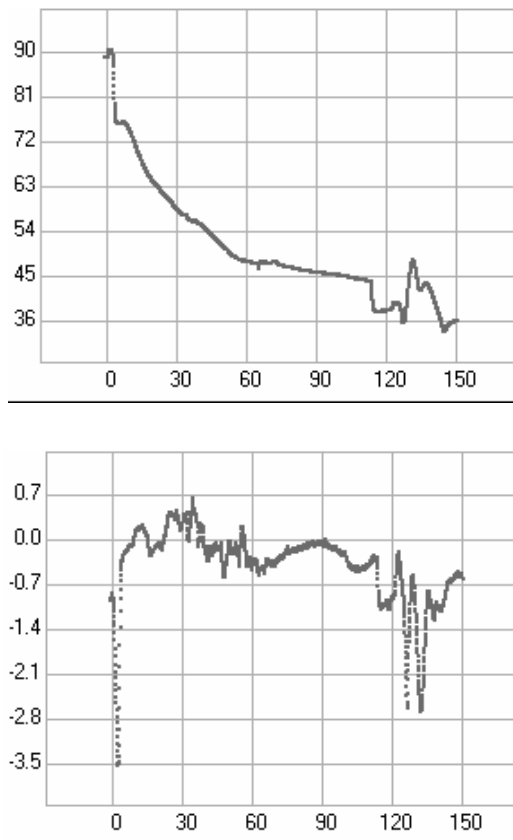


Рис.4. Изменение угла тангажа и рыскания при штатном пуске БРПЛ «Трайидент-1»

При аварии шкала телеизмерений «угла тангажа» была расширена со значения $D_n = (91 - 35) = 56$ ед до величины $D_a = (130 - (-250)) = 380$ ед, т.е. более чем в 6,7 раза. По законам метрологии при этом во столько же раз была увеличена погрешность телеизмерений (уменьшены точностные показатели).

При этом были сформированы дополнительные команды: вначале на повторный «разрыв» пироболта, а затем (после того, как она не была исполнена и пироболт продолжал удерживать отработавшую первую ступень) на совершение маневра ракетой из стороны в сторону. В результате ступень оторвалась, и пуск завершился успешно.

Адаптивное информационно-телеметрическое обеспечение (ИТО) испытаний и ШЭ РКТ, таким образом, должно быть ориентировано на множество возможных различных ситуаций, которые могут привести к аварии и предполагает наличие дополнительных команд, формирующих программу адекватных контрмер.

В существующей отечественной практике наличие КРЛ предусмотрено только при управлении КА. На уровне НИР прорабатываются вопросы создания системы управления полетом разгонных блоков (РБ). Но хуже всего дело обстоит с испытаниями ракетных комплексов (РК). А количество аварийных пусков растет.

2. Адаптация телеметрических систем и комплексов к нештатным и аварийным ситуациям как основа информационно-измерительного обеспечения безопасности пусков и управления летными испытаниями РКТ

Прежний экстенсивный подход к повышению эффективности ИТО испытаний и ШЭ РКТ отличался стремлением к универсальности, в том числе и в вопросах оценивания точности и достоверности измерений. На прошедшем этапе совершенствования техники телеизмерений это было оправдано необходимостью определения пределов обобщения и универсальности.

Дальнейшее повышение эффективности ТК должно быть основано на использовании отличительных особенностей процессов телеизмерений, связанных с отличиями целей и задач испытаний РКТ. Этот новый интенсивный этап модернизации ТК требует разработки адаптивных телеметрических систем. Теория адаптивных ТК предполагает наработку как можно большего множества различных вариантов организации телеизмерений, имеющих конечной целью получение наилучших показателей точности и достоверности при всех других показателях эффективности, не хуже заданных.

Ранее элементы адаптации систем телеизмерений присутствовали. Но они были ограничены господствовавшим представлением о необходимости реализации универсального подхода к проектированию телеметрических комплексов. Это означало, что спроектированная система ориентировалась либо только на «телегу», либо только на «сани». Поэтому на многих объектах РКТ, признавая необходимость адаптации, одновременно устанавливались несколько бортовых телеметрических систем (БРТС), разработанных различными организациями. Например, при запусках РН «Протон» с разгонным блоком (РБ) «Бриз» использовались и БРТС «Сириус» и бортовая информационно-телеметрическая система (БИТС) «Пирит» (разработчик НПО ИТ), и БРТС телеметрической системы (ТМС) РТС-9 (разработчик РНИИ КП). Поэтому при авариях на РН «Протон» имелась ТМИ, полученная с использованием различных ТМС. Однако жесткие массово-габаритные ограничения для размещения бортового оборудования не позволяют воспользоваться данным подходом.

Невозможность адаптации телеметрических систем и комплексов к изменяющейся обстановке проявилась также в том, что вся предшествовавшая практика проектирования телеметрических комплексов (ТК) была ориентирована на самые сложные режимы получения ТМИ. Поэтому в ранее использовавшихся бортовых ра-

диотелеметрических системах семейства БРС-4 - БРТС «Сириус», «Скут» и Скиф» была выбрана высокая частота смены основного телеметрического кадра (ОТК) - 8 КГц и малое число телеметрических каналов (слов) измерений основного (малого) телеметрического кадра - 40. Благодаря этому был реализован быстрый алгоритм вхождения в синхронизм (время вхождения с составило 1- 2 мксек). В результате этого прием ТМИ мог быть реализован в условиях быстроменяющейся модулирующей помехи, порождаемой плазмой. Но для начального активного участка полета ракеты такая структура формирования и передачи данных была наихудшей. Основным недостатком заключался в том, что для того, чтобы понизить частоту опроса ТМП до 1 Гц и менее необходимо было иметь своеобразный «редуктор» понижения частоты от 8 КГц до 1 Гц в виде трехступенчатой схемы последовательного подключения локальных коммутаторов (ЛК).

У вновь спроектированной БРТС «ОРБИТА-ИВМО» все наоборот: частота смены телеметрических кадров 4 Гц, число слов измерений в кадре - 65656. Поэтому и время вхождения в синхронизм при сбоях - 160 мксек. Из этого краткого анализа следует, что структура данных БРТС «ОРБИТА-ИВМО» является лучшей для начального участка полета ракеты и наихудшей для условий приема ТМИ в районе 43 ОНИС.

Таким образом, одна и та же БРТС, установленная на ракете и БО, является наилучшей для одного участка полета и наихудшей для другого. Это еще раз является свидетельством того, что без адаптивных методов и методик не представляется возможным существенно повысить эффективность ПИК. Ранее специалисты, занимающиеся разработкой ТК, такими системными знаниями владели, сейчас этого нет.

Количество примеров адаптации примитивного уровня ограничено. Но их ценность и значимость заключается в том, что была подготовлена научно-методическая основа для разработки теории адаптивных систем. Поэтому теоретическую основу построения адаптивных систем телеизмерений составляют нетрадиционные подходы. Это не означает, что не должны совершенствоваться ранее использовавшиеся решения. Но для того, чтобы одновременно использовать несколько различных ТМС, необходима значительная работа по миниатюризации бортовых систем.

Также при создании телеметрии, рассчитанной на обеспечение телеизмерениями «аварийных пусков», должна быть использована продуманная система автономных регистраторов ТМИ («черных ящиков»). В СССР НПО ИТ и другие промышленные организации были в

числе мировых лидеров по их разработке. Однако заключение Договора о СНВ-1 и запрещение «капсулирования» ТМИ автономных регистраторов привело к тому, что подобного рода работы были остановлены. Но никто не запрещал их использовать для обеспечения безопасности запусков РКТ, не подпадающей под действие Договора о СНВ-1. Кроме того, в декабре 2009 года заканчивается действие Договора о СНВ-1, поэтому уже сейчас необходимо думать о включении системы автономных регистраторов ТМИ в состав создаваемой телеметрии «аварийных пусков».

3. Основные положения создаваемой теории адаптивного информационно-телеметрического обеспечения испытаний и штатной эксплуатации ракетно-космической техники

Адаптация предполагает наработку большого множества альтернативных методик, которые, в свою очередь, являются проблемно-ориентированными по решаемым задачам и взаимосвязанным по принципам их реализации программно-математическими методами. Возможность наилучшего приспособления к сложившейся при испытаниях РК ситуации достигается путем выбора наиболее подходящей альтернативы. Но для этого необходимо разработать как можно большее множество проблемно-ориентированных моделей, методик и алгоритмов. Чем их больше, тем лучше будет приспособление. Их количество, таким образом, оказывает определяющее влияние на превращение адаптивных систем и комплексов в интеллектуальные. В настоящее время много НИР и ОКР начинаются словами: «разработка интеллектуальных методов (систем, комплексов...». При этом авторы таких определений часто не отдают себе отчета в том, что нельзя сразу перейти к «интеллектуальным системам и комплексам» без реализации промежуточного этапа, связанного с адаптивными системами и комплексами.

Научно-методическую основу технических решений, принимаемых в условиях жестких ограничений, составляют компромиссы. По своей сути вся теория измерений представляет собой множество методов передачи, сбора, обработки и анализа измерительной информации (ИИ), основанных на компромиссах. Поэтому разработка адаптивных систем предполагает введение и учет еще большего, чем прежде, числа ограничений. В этом заключается принципиальное отличие адаптивного подхода к совершенствованию ПИК от традиционного экстенсивного. Создаваемое при этом множество различных альтернативных решений требует расширения количества

оптимизационных задач. При этом принципиальное отличие от того, что предлагалось ранее, заключается в их проблемной ориентированности.

Чистая математика предназначена для упражнения ума, а именно там встречаются оптимизационные задачи в классической интерпретации. Прикладная математика – это, прежде всего, работа с ограничениями. Чем больше ограничений и чем они жестче, тем выше уровень, характеризующий знание прикладной области математиком.

Основу синтеза в большом количестве различных нетрадиционных подходов и решений составляют новые прикладные теории. К их числу можно отнести:

- модернизированный морфологический анализ (ММА) [2,17], представляющий собой методологическую базу генерации новых идей и синтеза новых технических решений;
- дискретную математику и конструктивную теорию конечных полей (КТКП) [2, 4-16], позволяющих наиболее адекватно описать процессы преобразования измеряемых параметров в цифровую форму, сокращения естественной избыточности измерительной информации, ее передачи по каналам связи с ограниченной пропускной способностью, идентификации полученных экспериментальных данных, искаженных помехами;
- модернизированный матричный анализ измерительной информации [14,15], повышающий устойчивость оценивания летно-технических характеристик (ЛТХ) РКТ;
- теорию замещающих математических и структурно-кодовых конструкций [2, 16-18], использование которой позволяет обойти многочисленные «препятствия» и «преграды» при решении задач создания адаптивных измерительных систем и комплексов;
- методы анализа групповых телеметрических сигналов (ГТС) и синтеза их оптимальных структур [16];
- компьютерную математику и графику [9,10], позволяющую в наибольшей степени учесть специфические особенности современного информационно-измерительного обеспечения (ИИО) испытаний и ШЭ РКТ, такие, как огромные объемы анализируемых и обрабатываемых результатов измерений, высокая степень автоматизации процессов получения измерительной информации, расширяющееся количество деструктивных факторов и повышение уровня неопределенностей различного толка.

Предлагаемые нетрадиционные подходы к созданию адаптивных систем телеизмерений реализованы в бортовой адаптивной телеметрической системе (БАТС) «Крона», которая успешно прошла летные испытания

(ЛИ) 7.10.98 г. на космодроме «Байконур», а также в ее модернизированном варианте «Асон», разработанном в 2003 году в НПО Маш. При ЛИ БАТС «Крона» в 1998 году были получены следующие новые результаты:

- на один-два порядка были улучшены показатели достоверности по показателю вероятность искажения бит;

- по отдельным информационно-ценным ТМП погрешность квантования была уменьшена в 256 раз за счет того, что данные телеизмерений, имеющие 16-разрядное представление слов-измерений, были переданы только 8 разрядами, представляющими собой образ-остаток исходного значения;

- на основе матричной обработки данных, представленных в системе остаточных классов (СОК), существенно повышена устойчивость оценивания ЛТХ испытываемой РКТ.

Нетрадиционное представление данных измерений в СОК составляет основу перехода к адаптивным системам нового поколения. Это связано не только с возможностью решения задач повышения эффективности передачи измерительной информации по каналам связи с шумами. Принципиальное новое решение при этом также получают и другие проблемные вопросы сбора, обработки, анализа измерительной информации, такие, как борьба с помехами, повышение устойчивости анализа летно-технических характеристик (ЛТХ) испытываемых изделий. Кроме того, значительно расширяются возможности аналитического решения проблемно-ориентированных задач, составляющих основу построения адаптивных систем и комплексов.

Новизна при решении оптимизационных задач заключена в следующих возможностях, реализуемых при использовании математического аппарата конструктив-

ной теории конечных полей:

- существенного упрощения математического аппарата линейного программирования, разработанного академиком Л.В.Канторовичем на основе перехода от систем алгебраических неравенств к системам сравнений по выбранным модулям-числам;

- оптимизации на уровне образов-остатков (класс-оптимизации), при которой гарантируется достижение экстремальных значений всей функциональной зависимости в целом.

Особое прикладное значение второго положения заключено в том, что вначале могут быть решены частные задачи оптимизации, такие, как достижение максимумов объемов содержательной информации, точности и достоверности результатов измерений, оперативности обработки ИИ и устойчивости оценивания ЛТХ. Математическая теория оптимизации гомоморфных отображений, а к числу таковых относится и представление данных образами-остатками, гарантирует, что при этом будет оптимальным и общее решение.

Нарабатываемое при проектировании адаптивных систем и комплексов множество проблемно-ориентированных задач определяется требуемым количеством различных технических решений (альтернатив), ориентированных на определенную ситуацию. Поэтому при планировании летного эксперимента рассматриваются различные ситуации, при испытаниях определяется момент их наступления, после чего реализуется та программа действий, которая является наиболее адекватной. При этом, чем больше будет на этапе обучения наработано различных альтернатив, тем ближе будет адаптивная система к интеллектуальной и тем выше будет эффективность ИТО испытаний и ШЭ РКТ.

Литература

1. Налимов В.В., Мульченко З.М. *Наукометрия. Изучение развития науки как информационного процесса.* – М.: Наука, 1969. 192 с.
2. Кукушкин С.С. *Теория конечных полей и информатика. Т.1.*, М.: Минобороны России, 2003. – 278с.
3. *Методы анализа характеристик летательных аппаратов / Б.И.Сухорученков, В.А.Меньшиков.* – М.: Машиностроение, 1995.–368с.
4. Кукушкин С.С. *Конструктивная теорема об остатках и ее прикладное использование // Радиотехнические и телевизионные системы и устройства /Труды МЭИ. №643. М.: 1991.- С.34-42.*
5. Кукушкин С.С. *Повышение эффективности передачи телеметрической информации на основе представления результатов телеизмерений в системе остаточных классов/ Измерительная техника. М.: Стандарты. №7. 1995. – С.11–15.*
6. Кукушкин С.С. *Использование конструктивной теоремы об остатках для повышения эффективности вычислений в системах передачи и обработки информации/ Измерительная техника. М.: Стандарты. №4. 1997. – С.13-17.*
7. Кукушкин С.С. *Повышение точности оценивания летно-технических характеристик летательного аппарата на основе векторных моделей обработки данных измерений в системе остаточных классов/ Измерительная техника. М.: Стандарты. №10. 2007. – С.11-17.*
8. Кукушкин С.С. *Синтаксическое сжатие передаваемых данных /Двойные технологии. 2005. №1. С.34–38.*

9. Кукушкин С.С. Математические методы полиномиального исчисления, основанные на использовании нетрадиционной теории конечных полей. М.: Двойные технологии, №1 2005, с.6 – 11.
10. Кукушкин С.С. Матричная алгебра системы остаточных классов. М.: Двойные технологии, №3 2005, с.2 – 9.
11. Кукушкин С.С. Информационные технологии единой системы передачи и обработки результатов измерений. М.: Двойные технологии, №1 2006, с.15 – 22.
12. Кукушкин С.С. Математические модели формирования оптимальных структур передаваемых данных телеизмерений. М.: Двойные технологии, №4 2006, с.18 – 27.
13. Кукушкин С.С., Захаров В.Н. Математические и методические основы использования конструктивной теории конечных полей при обработке результатов измерений. М.: Измерительная техника, №10, 2006. с 18-22.
14. Кукушкин С.С., Баранов А.А. Методики упрощения математических моделей на основе использования нетрадиционной теории конечных полей. М.: Двойные технологии, №1 2007, с.42 – 49.
15. Кукушкин С.С. Модели векторного представления и нетрадиционного преобразования данных в системе остаточных классов. М.: Измерительная техника, №3, 2007. с 15–20.
16. Кукушкин С.С. Двумерные технологии модуляции сигналов, как основа реформирования и развития систем связи и передачи информации/Двойные технологии. 2008. №1. С.34-38.
17. Захаров В.Н. Основные положения модернизированного морфологического анализа как методической базы системных исследований//Сборник трудов, выпуск 14 /Российская инженерная академия. – М.: СИП РИА, 2006. – с. 139–156.
18. Кукушкин С.С. Абстрактный алгебраический подход к синтезу алгоритмов обратного преобразования данных из области образов в область исходного традиционного представления/Двойные технологии. 2004. №1. С.27–30.
19. Современная телеметрия в теории и на практике /Назаров А.В., Козырев Г.И. и др. – Санкт-Петербург, 2007.

Материал поступил в редакцию 14. 03. 2008г.