

## **ПРОВЕДЕНИЕ НАЗЕМНЫХ ИСПЫТАНИЙ БРТК. АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕДУРЫ ИЛИ ИНТЕРАКТИВНОЕ ПОСТРОЕНИЕ ПРОЦЕССА НА ОСНОВЕ СПЕЦИАЛЬНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ**

**Калинин Денис Дмитриевич**

**Московский технологический университет (119454, г. Москва, Проспект Вернадского, д.78) e-mail:rector@mirea.ru**

**В статье описан результат применения однообъектных мнемосхем электрической схемы и СОТР БРТК в комплексе с базой данных телекоманд, расположенных по группам в точном соответствии с ежедневным планом испытаний. Такое сочетание обеспечило более оперативную работу, так как увеличило темп выдачи ТК в 2–3 раза и до двух раз сократило время на принятие решения о переходе к следующему шагу испытаний за счёт рациональной подачи результатов обработки ТМИ.**

**Наземные ПСИ (приёмсдаточные испытания) и лётные испытания БРТК КА связи проводятся в последовательности, определённой программой испытаний, согласованной с Заказчиком.**

**Для управления БРТК разработчик изделия формирует комплект ТК (телекоманд), который приводится в документе «Перечень дискретных телекоманд управления БРТК» или «Телекомандный лист». Телекомандный лист БРТК на 20 стволов содержит примерно 450- 500 ТК. Контроль за наиболее важными параметрами БРТК осуществляется по показаниям телеметрических датчиков, данные от которых обрабатывает программа отображения и контроля параметров кадра БРТК, использующая на входе файлы, содержащие в себе кадры БРТК, извлеченные из полных потоков телеметрической информации КА.**

**Ключевые слова: мнемосхема, телеметрический кадр, бортовой ретрансляционный комплекс (БРТК), гносиология, латентный, перцепция, афферентный, эфферентный.**

## **ON GROUND PAYLOAD REPEATER TESTS. AUTOMATATION OF THE TEST PROCEDURE OR INTERACTIVE PROCESS REPRESENTATION BY MEANS OF THE SPECIAL SOFTWARE**

**Kalinin Denis Dmitrievich**

**Moscow University of Technology (119454, Moscow, Vernadsky Prospekt d.78) e-mail: rector@mirea.ru**

**The article describes the results of the application of single-object mimics for the payload repeater electrical circuit and thermal control, which has been applied together with the data base of the relative telecommands collected in groups exactly according to the daily test plan. This combination provided higher efficiency and operability, increasing the frequency of the telecommand generation 2-3 times and, due to the efficient representation of the telemetry processing results, reduced the decision-making time for the next test step implementation.**

**Ground PSI (routine testing) and flight testing brtk KA communications are conducted in the sequence specified in the test program agreed upon with the Customer.**

**To control brtk developer of the product generates the set TK (telecommand), which is contained in the document "List of discrete telecommand management brtk" or "Telecomandi sheet". Telecomandi sheet**

brtk 20 trunks contains approximately 450 - 500 TK. Control over the most important parameters brtk is carried out by readings of telemetry sensors, the data from which the program operates the display and control settings of the frame brtk using input files containing the footage of brtk extracted from the full streams of telemetry data of the SPACECRAFT.

The Key Words: mnemonic, telemetry frame, on board repeater, gnosiology, latent, perception, afferent, efferent.

Наземные ПСИ (приёмсдаточные испытания) и лётные испытания БРТК КА связи проводятся в последовательности, определённой программой испытаний, согласованной с Заказчиком.

Для управления БРТК разработчик изделия формирует комплект ТК (телекоманд), который приводится в документе «Перечень дискретных телекоманд управления БРТК» или «Телекомандный лист». Телекомандный лист БРТК на 20 стволов содержит примерно 450- 500 ТК. Контроль за наиболее важными параметрами БРТК осуществляется по показаниям телеметрических датчиков, данные от которых обрабатывает программа отображения и контроля параметров кадра БРТК, использующая на входе файлы, содержащие в себе кадры БРТК, извлеченные из полных потоков телеметрической информации КА. [2]

Для обеспечения возможности слежения за градиентом изменения ТМ параметров в ходе наземных испытаний выбирают шаг квантования 3 сек, в ходе лётных – 5 сек (в последнем случае учитывается возможность аппаратной задержки в 2 сек).

В ходе лётных испытаний, перед началом каждого дня испытаний КА на орбите, группой оперативного управления БРТК формируется план испытаний в виде формуляра, где указывается перечень ТК, необходимых для выдачи на борт КА в этот день. Для лётных испытаний на основе ЭД (эксплуатационной документации) создаётся ПО для контроля ТМИ БРТК – комплекс обработки телеметрии (КОТ) в виде формуляров и мнемосхем диаграммы соединений по высокой частоте.

Непосредственно перед началом испытаний с операторами проводятся тренинги по работе с этим ПО с привлечением программы – имитатора КА. В ходе тренингов у операторов формируются в памяти устойчивые визуальные образы испытательных конфигураций и рас-положения информации в формулярах. Это обеспечивает «привыкание» оператора к визуальным образам, характерным данному БРТК. [3]

Процесс лётных испытаний проводится в интерактивном режиме так, что оператор ЦУП (центра управления) КА, для выдачи очередной ТК, получает голосовую команду от руководителя испытаний. Перед подачей голосовой команды руководитель сеанса должен получить подтверждение о штатном ходе процесса как от оператора БРТК, так и от оператора СМС (системы мониторинга связи).

После выдачи очередной разовой ТК и получения квитанции, подтверждающей прохождение команды (через 1-2 сек.), должно быть получено подтверждение результата действия ТК в виде ТМ отклика. Как правило, это укладывается в интервал 3-6 сек. на земле и 5-10 сек. на орбите. Последнее обусловлено тем, что результат действия ТК отображается только в следующем, после момента

выдачи ТК, ТМ кадре. Таким образом, мы имеем равновероятное распределение времени ТМ отклика с дисперсией 3 сек. на земле и 5 сек. на орбите. [1]

Для сокращения сроков создания КА возникает необходимость уменьшить время, необходимое для проведения цикла наземных испытаний БРТК. Анализ ситуации показывает, что существуют два направления развития:

1. Автоматизация процесса испытаний;
2. Оптимизация существующего интерактивного процесса испытаний.

Как известно автоматизация любого процесса требует отработанных алгоритмов работы, отработанного программного обеспечения, протестированного комплекта ТК. В ходе автоматического процесса программа следует заранее определённым жестким алгоритмам до того момента, как возникает проблемная ситуация. Далее требуется внесение корректив либо в программу, либо в базу данных, то есть требуется постоянное присутствие программиста.

Человек использует для решения проблемных ситуаций нечётко очерченные понятия, где нет точной регламентации ситуации, нет точных алгоритмов. Это обусловлено архитектурой построения человеческого мозга, как вычислительной машины, где всё подчинено решению задачи при минимальных вычислительных ресурсах.

В повседневной жизни человек постоянно сталкивается с ситуациями, когда стратегия его поведения не может, а возможно, и не нуждается в точной регламентации. Отражением этого является естественный человеческий язык, где за редким исключением есть однозначное отношение между знаком и обозначаемым им предметом. На языке шкалы кодирования и декодирования информации современный разговорный язык относится к «полужёстким». Для иллюстрации достаточно открыть любую словарную статью, например русско-английского словаря.

Согласно теории функциональной системы П. К. Анохина, принятие (нахождение) решения означает перевод одного системного физиологического процесса (афферентный синтез) в другой (программа действия). [4]

Существуют два способа принятия решения: алгоритмический и эвристический.

Так как эвристический способ получения результата более подходит для стадии НИР, то на этапе ОКР у нас остаётся только алгоритмический способ принятия решения.

Исключить вероятность возникновения «нештатных ситуаций» даже на серийных изделиях практически невозможно. Количество их можно лишь минимизировать. Собственно это и является целью наземных испытаний, так как наряду с «человеческим» фактором присутствует ещё и фактор «отработанности» конструктива и документации. Но пока конструктив КА не отработан, более целесообразным представляется интерактивный процесс проведения испытаний, принятый в настоящее время на этапе лётных испытаний.

Возьмём его за основу. Для этапа лётных испытаний БРТК необходимо создать:

1. «Программу-имитатор КА», в которую заложен весь комплект ТК и ТМ отклик на них, что позволит проверить весь комплект ТК на корректность (базу данных ТК).

2. Программу обработки ТМИ – КОТ ТМ с введением в состав финальной версии КОТа базы данных по статусным и тарифовочным кривым.
3. Мнемосхему БРТК.
4. Эксплуатационную документацию (ЭД).
5. Программный Комплекс для выдачи ТК на борт КА.

Распространим весь этот комплект на стадию наземных испытаний.

Положительный опыт, полученный при работе с БРТК КА «KazSat-2», когда впервые при проведении наземных ПСИ БРТК в состав ПО для обработки ТМИ были включены мнемосхемы диаграмм соединений по высокой частоте и системы обеспечения тепловых режимов (СОТР) БРТК в количестве четырёх штук, позволил за счёт мнемосхем упростить и ускорить процесс принятия решений в ходе наземных испытаний (2,3).[1]

В процессе испытаний оператору необходимо постоянно принимать решение: «Норма», «Ненорма». Процесс принятия решения – производное неопределенности ситуации, в которой оно совершается. При полной определенности, когда отсутствует возможность для альтернативных действий, в сущности, и нет никакой проблемы: решение принимается однозначно, автоматически, часто даже не затрагивая сферу сознания. Процесс выбора становится проблемой лишь тогда, когда в системе оператор – окружающая среда присутствует неопределенность применительно к осуществлению действий, направленных на достижение определенной цели или конечного результата.

Усложнение работы мозга, связанное с увеличением количества логических операций, требует большего времени для принятия решения. Поэтому усиление элементов неопределенности ситуации неизбежно приводит к усилению величины латентного периода реакции оператора.

Применение мнемосхем при наземных испытаниях БРТК КА «KazSat-2», значительно сократило величину латентного периода реакции. Особенно это проявилось в моменты, когда оператору в короткое время было необходимо проанализировать большой объем телеметрической информации (иногда до 350 ТМ параметров одновременно).

Мнемосхемы обеспечили возможность представления сразу всего объёма ТМИ по испытываемой подсистеме БРТК в одном визуальном образе. Это позволило оператору, образно говоря «за деревьями разглядеть лес» и предоставило возможность купировать проблемный узел. [2]

Теперь при наземных испытаниях ТМИ представляется в дублированном виде:

1. В виде формуляров с представлением значений ТМ параметров как в датчиковом, так и в инженерном (обработанном) виде.
2. В виде мнемосхем.

Таким образом результат обработки ТМИ представляется в самом ценном в процессе испытаний виде – в виде экспресс – информации.

Это позволяет в короткое время, не обращаясь к базе данных с тарифовочными и статусными кривыми решать вопросы по несоответствиям в проблемных случаях.

Процессы, происходящие при испытаниях БРТК можно условно разделить на два этапа:

Первый этап. Этап включения и выхода на рабочий режим, сопровождающийся высокодинамичными изменениями ТМ параметров. Здесь требуется обеспечить высокую скорость обработки потока ТМИ в виде, удобном для составления отчёта.

Второй этап. Медленно протекающий (с точки зрения градиентов изменения ТМИ) процесс. Это этап измерения целевых характеристик БРТК, когда строятся осциллограммы измеряемых характеристик.

Любой ТМ параметр, отраженный в формуляре, это образ. Время латентного периода на опознание образа и принятие решения о соответствии его значения норме для подготовленного оператора составляет не менее 1 сек. Например, в случае с формуляром для идентификации положения ключей, оператору требуется сравнить цифровой образ с эталонным изображением на схеме, для чего необходимо перевести взгляд в нужное место, сфокусировать глаза, распознать и сравнить. Это может занять от 3 до 5 секунд на каждый ключ.

В случае с мнемосхемой результат обработки ТМИ уже представлен в виде конечного образа, встроенного в схему с указанием всех связей.

Имея предварительную визуальную информацию, полученную в ходе тренингов, оператор просто скользит взором по мнемосхеме и сопоставляет в визуальной памяти предварительный образ (от тренинга) с действующим. Хронометраж показал, что на идентификацию исходного состояния БРТК в случае использования мнемосхем требуется от 10 до 15 секунд, так как оператор работает с эмулированным образом схемы, имеющимся у него в памяти. В случае с формулярами на эту же работу требуется не менее 94 секунд (по числу параметров в формуляре), при этом оператору приходится самому создавать в воображении мысленный образ схемы, что может привести к ошибке.

Применение мнемосхем СОТР дало ещё более убедительный результат. Теперь оператору требуется на идентификацию конфигурации СОТР по мнемосхеме 10-15 секунд. При прежней форме представления в виде формуляров требовалось до 10-15 минут, так как анализ производился путём считывания информации из шести формуляров при количестве ТМ параметров 350 и сравнения этой информации с данными из ЭД.

Рассмотрим ещё один резерв для увеличения темпа проведения испытаний. Программа «Имитатор КА» позволяет до начала физических испытаний проверить с весь комплект ТК БРТК и гарантировать отсутствие ошибок в базе данных этих ТК.

На основе сведений о трудоёмкости процессов контроля тех или иных характеристик БРТК составляется план испытаний. Далее пишется ежедневный перечень ТК и на его основе формируется программное обеспечение в виде папок, сформированных в точном соответствии с последовательностью испытаний.

Такое разделение команд позволяет сократить выборку в папке с 450-500 до 15-20 ТК, в зависимости от плана испытаний на день. Измерения показали, что после подачи Главным оператором голосовой команды оператору ТК системы на выдачу той или иной ТК, за счёт сокращения у последнего времени визуального поиска ТК в папке, время получения ТМ отклика сокращается с 15-21 секунды (для одноразовой команды) до 7-8 секунд. В процессе испытаний необходимо неоднократно повторить

выдачу некоторых ТК. Хронометраж показал сокращение интервала времени на выдачу этих ТК при их неоднократной выдаче подряд до 5-6,5 секунды. Это показало возможность формирования пакета мультикоманд с включением в его состав как повторяющихся ТК (для выставления шагов усиления или линеаризации), так и пакета команд СОТР или даже пакета ТК для реконфигурации БРТК. Хронометраж показал, что пакет из 10 ТК СОТР с момента подачи голосовой команды даёт ТМ отклик через каждые 3 секунды и полностью обрабатывается за 30 секунд, в то время как минимальное время выдачи этого же пакета из 10 ТК путём выборки из папки составило 6 секунд на ТК или 60 секунд на весь пакет ТК СОТР. [5]

Приведенные материалы убедительно свидетельствуют, что построение процесса испытаний БРТК в виде интерактивного процесса с привлечением программ вторичной обработки ТМИ на основе мнемосхем позволяет значительно сократить время анализа, необходимое для принятия решений о переходе к следующим этапам испытаний. Формирование ежедневного перечня ТК и логистики в виде папок с набором ТК, сформированных в точном соответствии с последовательностью испытаний по дням, позволяет сократить длительность цикла испытаний до двух раз. Дополнительным резервом для ускорения испытаний является формирование мультикоманд, на основе ТК протестированных с помощью программы «Имитатор КА».

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Физиология человека: Учебник /В двух томах/ В.М. Покровского, Г.Ф. Коротько. М.: Медицина, 1997.
2. Опыт наземных испытаний БРТК КА связи «KazSat-2» с включением в состав про-граммного обеспечения по контролю телеметрии мнемосхемы СОТР БРТК. Ананьев М.П., Вдовитченко Ю.М. Научно-технические разработки КБ «Салют» 2009-2011гг. Вы-пуск 3. М. Машиностроение. 2012.
3. Создание ПО представления ТМИ в виде формуляра и мнемосхемы мнемосхемы элек-трической схемы на примере БРТК КА связи «KazSat-2» Ананьев М.П., Вдовитченко Ю.М. Научно-технические разработки КБ «Салют» 2009-2011гг. Выпуск 3. М. Машино-строение. 2012.
4. Методы и техника противодействия радиолокационному распознаванию. Зарубежная радиоэлектроника. Небабин В.Г. 2011 г.
5. Системы и средства РЭБ самолетов тактической авиации ВС зарубежных государств зарубежное военное обозрение. Евграфов В.Е. 2013 г.