

УДК 629.78

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ДИАГНОСТИКИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ БОРТОВОЙ АППАРАТУРЫ АВТОМАТИЧЕСКИХ КА И ВЫРАБОТКИ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО УСТРАНЕНИЮ НЕШТАТНЫХ СИТУАЦИЙ

Соколов Н.Л.

*Центр управления полетами Федерального государственного
унитарного предприятия «Центральный научно-исследовательский
институт машиностроения», Королев*

Подробная информация об авторах размещена на сайте
«Учёные России» - <http://www.famous-scientists.ru>

При управлении автоматическими космическими аппаратами (КА) важной проблемой является обеспечение надежного и оперативного анализа и диагностирования работоспособности бортовых систем. Это позволит своевременно выявить негативные тенденции в работе бортовой аппаратуры и предотвратить их развитие.

Наибольшую актуальность проблема приобретает при управлении КА со сложными бортовыми системами, характеризующимися большим объемом телеметрических параметров, а так же при необходимости выдачи командных воздействий непосредственно в сеансах связи. Существующий опыт управления КА показывает, что в ряде случаев только своевременная выдача команд немедленного исполнения позволила обеспечить выполнение программы полета КА [1].

В настоящей работе предлагается общий подход к решению указанной проблемы, основанный на создании адекватных моделей анализа и диагностики функционирования бортовых систем и алгоритмов автоматизированной выработки рекомендаций по воздействию на КА. Ожидается, что использование в практике управления таких моделей и алгоритмов даст возможность существенно повысить эффективность работы аппаратуры, в том числе за счет оперативного устранения возникающих на борту нештатных ситуаций.

Детерминированная структура модели оценки работоспособности бортовых систем

Предлагается поэтапное проектирование модели оценки работоспособности бортовых систем. На первом этапе – этапе формирования детерминированной структуры модели дается описание всех N бортовых систем. Для каждой n -ой системы ($n = 1, 2, \dots, N$) приводятся:

- состав, структура, комплектность;
- перечень и параметры предусматриваемых функциональных режимов;
- телеметрические параметры, их номинальные и допустимые значения;
- управляющее воздействие, подаваемые на систему в виде разовых и про-

граммных команд;

- ограничения на последовательность выдаваемых команд и временные интервалы между командами;
- запреты на выдачу командных воздействий.

Учитывая, что номинальные состояния бортовых систем зависят от режимов командных воздействий на эти системы, представляется целесообразным на начальной стадии разработки модели определить логические зависимости совокупностей телеметрических параметров, характеризующих состояния систем, от выдаваемых управляющих воздействий.

В результате, создаваемая структура обеспечивает возможность для любого на-

бора допустимых, распределенных по времени командных воздействий $U(t)$ дать описание изменения состояний бортовых систем, т.е. смоделировать «идеальный» вариант поведения систем при отсутствии ошибок в управлении, неисправностей в работе аппаратуры и случайных возмущающих факторов. На рис.1 приведена схема функционирования модели.

Структура модели предусматривает возможность автоматизированных проверок на принадлежность команд допустимому множеству и на логику выдаваемых последовательностей управляющих воздействий. Существует возможность кор-

ректировки исходных данных, в том числе добавления новых стратегий управления, внесения дополнительных ограничений на логику выдаваемых команд; хранения, архивации, документирования и графического отображения информации о состоянии бортовых систем.

Таким образом, использование модели оценки состояния работоспособности бортовой аппаратуры с детерминированной структурой позволяет получить последовательность эталонных значений телеметрических параметров ТМП_э(t) в процессе имитации подаваемых на борт КА командных воздействий $U(t)$.

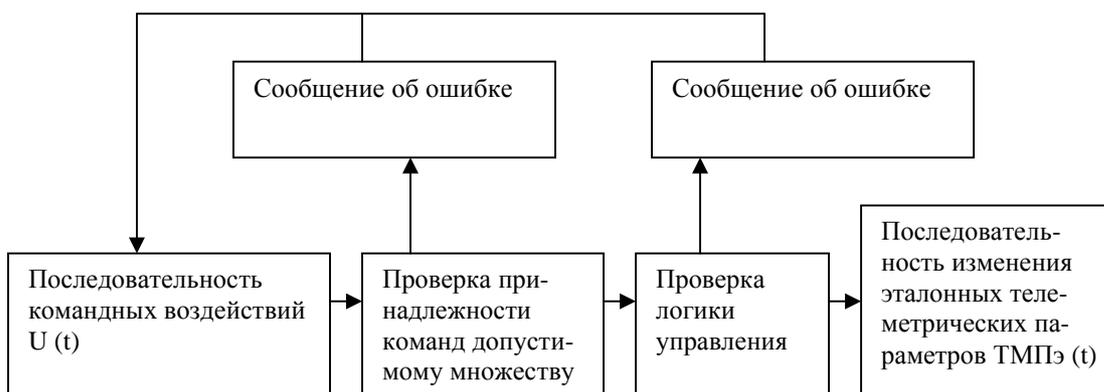


Рис. 1. Схема функционирования модели

Интерпретация и диагностика работоспособности бортовой аппаратуры

На следующем этапе проектирования функциональной модели проводится посистемный сравнительный анализ эталонных телеметрических параметров с реальными, получаемыми в сеансе связи с КА. При этом для повышения быстродействия осуществляется сравнение данных с учетом алгоритма выделения иерархических групп телеметрических параметров, изложенного в работе [2].

Интерпретация состояния работоспособности бортовых систем выражается в автоматизированной выдаче сообщений типа «Норма» или «Не норма» для каждой бортовой системы в целом. Предусматривается возможность детального анализа работоспособности отдельных элементов, входящих в состав системы. Это дает возможность в случае формирования сообщений типа «Не норма», определять те эле-

менты, которые являются причиной нарушения нормального функционирования системы.

Детальное изучение всех блоков бортовой аппаратуры даст возможность не только выявить «проблемные» элементы, но и провести диагностику состояния бортовых систем, которая заключается в следующем:

- выявление негативных тенденций в работе как отдельных элементов, так и бортовой системы в целом, в том числе для элементов находящихся в состояниях «Норма». Например, выявление устойчивого роста (снижения) характеристик температурных режимов, увеличение времени заряда химической батареи, уменьшения мощности выходных сигналов при сбросе с борта КА телеметрической и целевой информации и др.;

- прогнозирование интервалов времени нормальной работоспособности бор-

товой аппаратуры без использования корректирующих управляющих воздействий;

- выявление возможных причин негативных тенденций. Например, превышение объема наработок бортовых систем сверх гарантированных эксплуатационных параметров, повышенная интенсивность эксплуатации систем и др.;

- выявление взаимно коррелирующих процессов (в том числе негативных) при функционировании различных бортовых систем.

В результате выполнения вышеперечисленных функций дается объективная оценка работоспособности бортовой аппаратуры с предполагаемой динамикой развития процессов на борту КА, и прогнозируется время нормальной работы элементов аппаратуры, выявляются "проблемные" звенья в бортовых системах КА.

Формирование рекомендаций по управлению КА

В случаях формирования сообщений "Не норма" или при выявлении негатив-

Таблица 1

N_{bc}	$M_{эл}$	$TMП_k$	a_k	$a_{k \min}$	$a_{k \max}$	$U_k(t)$
n	m	1	a_1	$a_{1 \min}$	$a_{1 \max}$	$U_1(t)$
		2	a_2	$a_{2 \min}$	$a_{2 \max}$	$U_2(t)$
	
		k	a_k	$a_{k \min}$	$a_{k \max}$	$U_k(t)$

Здесь, N_{bc} – порядковый номер бортовой системы ($n = 1, 2, \dots, N$), $M_{эл}$ – порядковый номер составляющего элемента n -ой системы ($m = 1, 2, \dots, M$), $TMП_k$ ($k = 1, 2, \dots, K$) – наименование телеметрического параметра, характеризующего состояние m -го элемента n -ой системы, a_k ($k = 1, 2, \dots, K$) – номинальное значение k -го телеметрического параметра, $a_{k \min}$ и $a_{k \max}$ – соответственно минимально и максимально допустимые значения k -го телеметрического параметра, $U_k(t)$ – последовательность командных воздействий, осуществляющих перевод рассматриваемого элемента бортовой системы в нормальное состояние, т.е. обеспечивающих нахождение значения $TMП_k$ в диапазоне от $a_{k \min}$ до $a_{k \max}$. Следует отметить, что в рамках рассмотрения одного элемента бортовой системы m программа $U_k(t)$ достаточно часто (но не всегда) является одинаковой для

ных тенденций в работе бортовой аппаратуры возникает необходимость в принятии мер по улучшению работоспособности бортовых систем.

При формировании рекомендаций по выдаче управляющих воздействий на борту КА существуют два варианта. Ситуация, связанная с нарушением нормального функционирования аппаратуры может являться как идентифицированной, т.е. описанной в документации по эксплуатации КА, так и не идентифицированной. Рассмотрим последовательность действий при возникновении первого варианта. На этапе предварительной разработки модели создаются таблицы, определяющие логические взаимозависимости между телеметрическими параметрами и управляющими командными воздействиями на КА. Фрагмент структуры таких таблиц для рассмотрения отдельно взятого элемента бортовой системы выглядит следующим образом.

приведения нескольких телеметрических параметров $TMП_k$ в допустимые диапазоны.

Таким образом, использование вышеописанных логических алгоритмов взаимозависимости состояний бортовых систем от парирующих командных воздействий позволяет выработать рекомендации по управлению бортовыми системами при обнаружении неисправностей в работе отдельных элементов. Спроектированная на основе приведенных алгоритмов детерминированная модель дает возможность в описанных документацией случаях выработать рекомендации по проведению бортовых систем КА в нормальное состояние. Однако, как показывает опыт эксплуатации КА, достаточно часто возникают не предусмотренные заранее ситуации, что ограничивает возможность автоматизированной выработки рекомендаций и требует

дополнительных исследований по управлению КА в условиях не идентифицированных нештатных ситуаций.

Общие принципы поиска решений при управлении КА в условиях не идентифицированных нештатных ситуаций

После предварительного формирования всех возможных стратегий $U(t)$, позволяющих обеспечить нормальное функционирование КА по вышеописанному алгоритму, возможны два основных пути поиска дополнительных резервов управления:

- создание новых комбинаций командных воздействий, не предусмотренных в эксплуатационной документации. Например, для компенсации не санкционированных включений элементов бортовой аппаратуры, а также для повышения надежности их планируемых отключений в память бортовой машины КА записываются циклограммы типа «Сторож»;

- поиск нетрадиционных способов управления. Например, использование панелей солнечной батареи для управления КА относительно центра масс.

В первом случае, происходит расширение логических алгоритмов взаимозависимости состояний S и стратегий $U(t)$. При этом, модель состояния работоспособности бортовых систем, по-прежнему, остается детерминированной. Во втором случае, осуществляется управление КА в зависимости от сложившейся ситуации, т.е. используются заранее не определенные стратегии управления $U(t)$.

Сформулируем основные принципы формирования логики ситуационного управления КА в нештатных ситуациях:

- а) Создание и периодическое накопление базы данных полетной информации. В ее основу может быть положена информация, приведенная в таблице 1. Структура базы данных содержит поле событий S в виде объектов, атрибутов и их значений. Например, событие "Телеметрический параметр $ТМП_k$ системы n имеет значение "а". Здесь, параметр $ТМП_k$ – атрибут, система n – объект, "а" – значение [3].

- б) Формирование правил, т.е. набор декларированных логических условий, устанавливающих связь между событиями S

и стратегиями $U(t)$. Например, если КА находится в состоянии S , то на его борт необходимо подать последовательность командных воздействий $U(t)$. Правила могут иметь содержательную часть, объясняющую (при необходимости) ход решения общей задачи.

- в) Проектирование базы знаний, включающей в себя базу данных и правила. Поэтапное ее накопление путем идентификации вновь возникших стратегий и формирование интеллектуальных технологических циклов поиска новых стратегий управления в зависимости от сложившихся ситуаций.

Задача построения базы знаний может быть представлена как задача классификации, т.е. всем гипотетически возможным ситуациям ставится в соответствие список управленческих решений.

- г) Создание и усовершенствование машины логических выводов, т.е. структуры, устанавливающей логические соответствия объектов базы данных не только с сформулированным набором правил, но и с целями управления. Отметим, что направленность на достижение целей управления способствует стремлению к совершенствованию существующих и нахождению новых правил.

Машина логических выводов включает модуль поиска решений и модуль объяснения хода решений.

Модуль решений осуществляет автоматизированный поиск стратегий управления по выходу из нештатных ситуаций. При этом, используется также модуль логических выводов, который направляет поиск решений по иерархической структуре подзадач.

Модуль объяснений последовательно информирует оператора о логике всех шагов решения задач, показывая тем самым, почему система диагностировала тот или иной тип нештатных ситуаций.

Таким образом, при выработке управленческих решений по выходу из нештатных ситуаций реализуются следующие основные функции:

- проводится диагностика состояния бортовой аппаратуры КА, выявляются признаки нештатных ситуаций;

- вырабатываются базисные решающие правила;
- на основе решающих правил делаются логические заключения;
- проводятся объяснения сделанных заключений;
- вырабатываются рекомендации для оператора по выходу из нештатных ситуаций.

Заключение

Опыт управления КА показал необходимость в разработке аппаратно – программных средств, позволяющих автоматизировано вырабатывать рекомендации по управленческим решениям для устранения возникающих не идентифицированных нештатных ситуаций.

При этом особую важность приобретает проблема создания моделей, алгоритмов и баз знаний, обладающих свойствами накопления полетной информации и расширения возможностей по принятию решений. Внедрение таких средств в практику управления КА даст большой резерв в повышении надежности и эффективности выполнения целевых задач программ полета.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. В.А. Удалой, Н.М. Иванов, Н.Л. Соколов, В.Ю. Паздников. Особенности управления космического аппарата «Океан-О» в условиях сильных магнитных бурь. Международный симпозиум. Аэрокосмические приборные технологии. Санкт-Петербург. 2002г.

2. Н.Л. Соколов, В.А. Удалой. Использование расчетно – логических систем для повышения эффективности управления автоматическими КА. Успехи современного естествознания. №11. 2004г.

3. L.A. Bocharov, N.L. Sokolov, V.A. Udaloj. Organization of an intellectual searching to support vehicles control. ICSCCW 2003. Second international Conference on Soft Computing and Computing with Words in System Analysis, Decision and Control. Antalya, Turkey. 2003.

THE BASIC PRINCIPLES OF DIAGNOSTICS OF SERVICEABILITY OF THE ONBOARD EQUIPMENT AUTOMATIC (SV) AND DEVELOPMENT OF THE RECOMMENDATIONS ON ELIMINATION OF NOT REGULAR SITUATIONS

Sokolov N.L.

*Mission Control Center of the Federal Unitary Enterprise
“Central Research Institute of Machine Building”, Korolev*

At control of automatic space vehicles (SV) the important problem is the maintenance of the reliable and operative analysis and diagnosings of serviceability of onboard systems. It will allow in time to reveal the negative tendencies in work of the onboard equipment and to prevent their development.

The greatest urgency the problem gets at control (SV) with difficult onboard systems described in large volume of telemetering parameters, and as if necessary of distribution of command influences is direct in sessions of communication. The existing experience of control (SV) shows, that in a line of cases only duly distribution of teams of immediate execution has allowed to ensure performance of the program of flight (SV).

In the present work the general approach to the decision of the specified problem based on creation of adequate models of the analysis and diagnostics of functioning of onboard systems and algorithms of the automated development of the recommendations on influence on (SV) is offered. It is expected, that use in practice of control of such models and algorithms will enable essentially to raise an overall performance of the equipment, including at the expense of operative elimination arising onboard not regular situations.