

УДК 629.78

А.Н. Загорулько

*Национальный центр управления и испытаний космических средств, Евпатория*

## МЕТОДЫ И МОДЕЛИ КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИКИ БОРТОВЫХ СИСТЕМ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

*В работе рассмотрены особенности применения известных методов и моделей контроля и оценивания технического и функционального состояния космического аппарата (КА) и предложены пути усовершенствования многоуровневого распределенного оценивания состояния бортовых систем КА для условий однопунктной технологии управления.*

**Ключевые слова:** *однопунктная технология управления, контроль технического и функционального состояния космического аппарата.*

### Введение

В практике управления космическими аппаратами (КА) задача управления разделена на две независимые задачи: задачу наблюдения (задачу оценки состояния объекта по результатам измерений) и, собственно, задачу управления (расчета и выдачи управляющих воздействий) [1–3].

Эффективность системы управления космическими аппаратами напрямую зависит от качественной оценки технического состояния и результатов работы бортовых систем и анализа качества выполнения задач управления. Для решения этой задачи успешно используются системы сбора и обработки телеметрической информации (ССО ТМИ), позволяющие решать задачи, связанные со сбором, первичной обработкой и накоплением ТМИ.

При этом к задачам контроля и диагностики состояния бортовых систем КА можно отнести [1, 10, 16]:

- определение параметров движения центра масс КА и параметров движения КА вокруг центра масс;
- анализ функционирования бортовых систем КА при выполнении ими целевых функций;
- диагностику состояния бортовых систем КА, выявление аномальных и преданомальных ситуаций.

Процесс управления сложным техническим динамическим объектом, которым является КА, является весьма сложной и многокритериальной задачей. В тоже время необходимо учитывать следующее:

- длительность информационного контакта с КА ограничена временем сеанса связи;
- количество КА постоянно увеличивается, а выполняемые ими задачи усложняются;
- для выработки управляющих воздействий необходимо прогнозирование как движения КА, так и технического состояния его систем;
- информацию необходимо не только передавать (получать), но и оперативно обрабатывать в реальном или близком к реальному масштабу времени.

Отсюда следует, что без автоматизации всех звеньев комплекса управления, в первую очередь, системы анализа и обработки ТМИ, достичь требуемых показателей оперативности, надежности и достоверности управления КА не представляется возможным.

**Анализ основных исследований и публикаций.** В работах отечественных и зарубежных ученых [1 – 16] достаточно подробно освещены общие вопросы автоматизации процесса управления сложными техническими системами, методология и требования к системам обработки и анализа ТМИ. Стремительное развитие средств вычислительной техники, информационных технологий, с одной стороны и тенденции усложнения космического сегмента – с другой, диктуют необходимость поиска новых идей и подходов в развитии форм и методов оценки технического состояния и результатов работы бортовых систем.

**Цель работы.** Исходя из вышеизложенного, целью работы является анализ тенденций развития

методології контролю і діагностики стану бортових систем КА і розробка шляхів удосконалення багаторівневого розподіленого оцінювання стану бортових систем КА для умов однопунктної технології управління.

### Изложение основного материала

Аналіз видів і способів оцінювання результатів і прийняття рішень показує, що загальним для них є широке використання моделей, зокрема, моделей контролю технічного стану КА.

В загальному випадку, система контролю – сукупність технічних пристроїв, здійснюють вимірювання параметрів і контроль стану об'єкта по заданому алгоритму [1].

Для систем контролю загальними є процеси формування інформації про контрольовані об'єкти, класифікація їх технічних станів, видача інформації про технічний стан об'єкта і його управління [1, 12–16].

Стан підсистем КА оцінюється непрямо – по даним телеметричного контролю і косвенно – по результатам функціонування окремих підсистем КА (наличие сигналів на наземних засобах управління, по якості цільової інформації і т.д.).

Оцінка якості значень і кількісних характеристик поточних значень показувачів спроможності і якості виконання функцій службової і спеціальної апаратури КА проводиться шляхом відповідної обробки телеметричної інформації (табл. 1). Телеметричні повідомлення мають складний вигляд, ускладнює безпосереднє використання телеметричних параметрів для управління КА (телеметричний параметр – показувач фізичного процесу, події або спостережуваного явища, значення або поведінку якого підлягає вимірюванню або контролю телеметричною системою). Основні особливості телеметричних повідомлень пов'язані з їх структурністю, надлишковістю і похибками. По змісту (семантиці) розрізняють телеметричні повідомлення за величиною, подіями і процесами [16].

Обробка ТМІ включає наступні рівні [13, 16]:

Таблиця 1

Обработка ТМИ

Уровни обработки	– первичная обработка ТМИ; – вторичная обработка ТМИ.
Этапы обработки	– оперативный анализ ТМИ; – детальный (предварительный) анализ ТМИ; – полный анализ ТМИ.
Виды обработки	– прогностический анализ; – диагностический анализ.

– **первичная**: при цьому оцінці піддається кожен окремо взятий параметр (в цьому випадку отримуємо функцію:  $y_i = f(x)$ ), або взаємопов'язані між собою параметри, що характеризують поведінку досліджуваної системи, аргументом якої є час  $t$ .

Первична обробка пов'язана з вибором і деконструкцією параметрів з загального вхідного потоку ТМІ, визначенням їх числових (фізических) значень з прив'язкою до шкали часу, виділенням з усіх отриманих вимірювань лише суттєвих і достовірних показувань параметрів (вирішення синтаксическої надлишковості).

Повищення достовірності телеметричних даних проводиться шляхом відбракування аномальних вимірювань. Зменшення надлишковості телеметричних даних проводиться з допомогою екстраполяторів, інтерполяторів і др. Дешифровка телеметричних даних проводиться шляхом калібрування, тарування і прив'язки вимірювань до наземної і бортової шкали часу. Основними операціями первичної обробки ТМІ є дешифровка даних, відбракування помилок, усереднення показувань, виділення екстремальних значень параметрів, контроль за відхиленням від номінальних значень і др.

– **вторичной обработкой или анализом ТМИ** називається рівень обробки ТМІ, пов'язаний з формуванням даних, необхідних оператору або системі для прийняття рішення про стан бортових систем КА.

Основними підзадачами вторичної обробки є наступне [16]:

визначення часу початку і закінчення технічного стану бортових систем (БС);

розпізнавання і ідентифікація технічних станів БС;

рахунок кількості станів певного типу на контрольованому інтервалі часу;

визначення порядку чергування технічних станів по осі станів або часу і його відповідності заданій програмі функціонування БС;

визначення узагальнених параметрів для станів і визначення їх відповідності потрібним значенням;

виділення підмножин незапланованих (аномальних) технічних станів;

ідентифікація аномальних станів;  
виявлення елементів БС, що є причиною виникнення аномальних станів;

прогноз технічних станів БС;

виділення інтервалів часу, на яких неможливо оцінювати технічний стан БС;

архівування технічних станів БС;

візуалізація і документування результатів обробки і др.

Для решения задач вторичной обработки широко используют методы теории наблюдения динамических систем (методы статистического оценивания).

При этом анализ информационных параметров, характеризующих состояние КА (как непосредственных, так и косвенных) происходит на заданные моменты времени и отражает их непосредственные значения. Анализ тенденций изменения параметров, характеризующих течение процессов на борту КА, в силу затруднений их формализации и математического описания методами четкой логики, не автоматизирован. Интегральная оценка общего состояния КА носит при этом субъективный характер, вероятность контроля снижается.

На сегодня используют как понятие контроля параметра, так и понятие контроля объекта. Но если процесс контроля параметра (группы параметров) достаточно хорошо теоретически исследован и практически автоматизирован, то процесс контроля объекта, в силу множества параметров, характеризующих поведение и состояние исследуемой системы и взаимосвязей между ними, представляет сложную задачу.

Особенностью телеметрической информации является то, что она представляет собой ограниченные по времени дискретные реализации процесса функционирования бортовых систем КА.

По типу применяемых в телеметрических системах датчиков (аналоговых, цифровых или температурных) ТМ информация бывает двух видов:

- сигнальная, несущая дискретную информацию в двоичном виде;
- функциональная, характеризующая непрерывные процессы на борту КА.

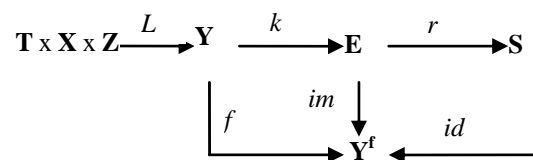
Непрерывные процессы в бортовых системах КА, в свою очередь, могут быть как медленно текущими, так и достаточно динамичными. В этом случае телеметрические параметры, их характеризующие, делятся на быстроменяющиеся и медленно меняющиеся.

В ряде случаев, в условиях, когда совокупности контролируемых параметров недостаточно для принятия правильного решения (или один или несколько параметров вышли за установленные для них пределы) вступает в силу субъективный фактор и вероятность достоверности контроля снижается.

Задачи анализа ТМИ:

- контроль состояния бортовых систем КА;
- выявление аномальных и преданомальных ситуаций;
- определение сбоев, отказов нарушений в работе бортовых систем;
- прогнозирование и моделирование процесса функционирования (сложность: модель – это прогноз, анализ – оценивание на соответствие прогнозу).

Оценка технического состояния КА по результатам обработки ТМИ может осуществляться по следующей математической модели [16]:



где  $T = \{t_1, t_2, \dots, t_i\}$  – множество моментов времени, в которые наблюдается КА;

$X = \{R, W\}$  – множество входных (управляющих и возмущающих) сигналов КА;

$Z$  – множество текущих состояний КА;

$Y$  – множество выходных сигналов КА, функционально связанных с  $Z$ ;

$E$  – множество заданных видов технических состояний КА;

$S$  – множество истинных технических состояний КА;

$Y^f$  – фактор-множество непересекающихся классов выходных сигналов, взаимно однозначно соответствующее множеству  $E$ ;

$L$  – отображение наблюдения технических состояний КА – систематического целенаправленного изучения объекта исследования;

$k$  – отображение классификации технических состояний КА – процесса группировки объектов исследования или наблюдения в соответствии с их общими признаками. В результате разработанной классификации создается классифицированная система (часто называемая так же, как и процесс – классификацией (определение принадлежности технического состояния контролируемого объекта к соответствующему классу состояний));

$f$  – отображение факторизации технических состояний КА (англ. factorization) – математического выявления значимых факторов;

$im$  – отображение импликации технических состояний КА (лат. implico – тесно связано) – логической операции, образующей сложное высказывание из двух простых посредством логической связки «если..., то...», «когда..., тогда...»;

$r$  – отображение оценивания технических состояний КА (англ. to rate – оценивать и rating – оценка, оценивание) – высказывание того или иного мнения, суждение о ценности кого-чего, понимание правильного значения, качества кого-чего;

$id$  – отображение идентификации технических состояний КА (лат. identifico – отождествлять) – установление тождественности неизвестного объекта известному на основании совпадения признаков, опознание.

Информация о техническом состоянии КА включает как априорную, так и апостериорную (экспериментальную) составляющие:  $I = \{I_a, I_s\}$ .

Априорную информацию составляют фактор-множество непересекающихся классов выходных сигналов  $Y^f$  и множество  $E$  заданных видов технических состояний КА, полученных в результате испытаний, моделирования и т.д.:

$$I_a \leftrightarrow E, Y^f$$

Апостериорную інформацію можна описати просторово-множественним соответствием:  $I_3 \leftrightarrow X \times Z \times Y$ .

Бортовая система телеизмерений преобразует пространство (множество)  $Z$  технических состояний КА в пространство  $Y$  выходных сигналов:  $Y(Z \rightarrow Y)$ .

По целям и времени различают следующие этапы анализа ТМИ:

- *оперативный* (в процессе сеанса связи);
- *детальный* (предварительный) – на основе результатов обработки полного состава ТМИ (включая режим ВОСПР). При этом могут использоваться и другие виды информации (баллистическая, донесения с наземных средств управления и т.д.);
- *полный анализ* выполнения программы полета в целом.

### Оперативный анализ ТМИ

Задача оперативного анализа – текущий контроль и определение состояния систем и подсистем КА с целью оперативного вмешательства в происходящие в них процессы.

Требования – высокая оперативность (работа в реальном масштабе времени).

Методы – допусковый контроль, оценивание (сравнение) с прогнозом состояния.

Допусковый контроль – фиксация факта нахождения телеметрируемого параметра в пределах допустимых границ, установленных в прогнозе состояния.

В качестве основного принят метод имитационного моделирования с формированием прогноза состояния [1, 17, 18], суть которого заключается в том, что с заданным шагом по времени моделируются орбитальный полет КА, функционирование целевой аппаратуры и бортовых обеспечивающих систем с учетом условий применения. При этом в каждый момент времени отслеживается состояние интересующей бортовой системы КА.

Прогноз состояния – логические соотношения между управляющими воздействиями (командами и программами управления, алгоритмами работы подсистем, внешними учтенными воздействиями) и ТМ-параметрами  $a_i$ , характеризующими состояние БС КА, рассчитанные на дискретные моменты времени. Он представляет собой кусочно-постоянную функцию на контролируемом отрезке времени (текущие образы состояния):

Таблица 2

Прогноз состояния бортовых систем КА

Моменты времени	Управляющие воздействия	n-система	m-параметр n-системы	Минимально допустимое значение	Максимально допустимое значение	Окрестность пороговых значений
$t_i$	$R_i$	$S_n$	$a_i$	$a_{i\min}$	$a_{i\max}$	$\epsilon_i$

При этом исходим из того, что реакция КА на управляющее воздействие представляет уникальный набор телеметрических параметров, однозначно характеризующих (описывающих) изменение структурных  $Z_c$ , функциональных  $Z_f$  и пространственных  $Z_p$  состояний КА:

$$Z(t) = f[R(t), W(t)],$$

$$Z \subset \{Z_f, Z_c, Z_p\}.$$

где  $Z(t)$  – вектор состояния КА в момент времени  $t$  с компонентами  $z_1, z_2, \dots, z_n$ ;

$R(t)$  – вектор управляющих воздействий в момент времени  $t$  с компонентами  $r_1, r_2, \dots, r_r$ ;

$W(t)$  – вектор случайных возмущений (воздействий) в момент времени  $t$  с компонентами  $w_1, \dots, w_p$ .

Значения случайных возмущений  $W(t)$ , как правило, не могут быть измерены. Если же они все-таки могут быть определены, то влияние этих возмущений на состояние объекта управления все равно обычно не оценивается из-за того, что функционирование объекта под воздействием помех не исследовано. Если же воздействие случайных возмущений можно учесть в модели, то вектор  $W(t)$  уже ничем не отличается от  $R(t)$ .

Компонентами вектора состояния КА являются фактические параметры, характеризующие статическое состояние (множество статических состояний)

КА в момент времени  $t$ . Соответствующие телеметрические параметры должны включать тройку <адрес; время; значение> [10, 13, 16].

Адрес предназначен для обозначения номера параметра в упорядоченном списке множества телеметрических параметров для данной системы.

Время и значение являются результатом измерения параметра с помощью датчика.

Методика сравнения прогнозных и фактических значений ТМ параметров может быть следующей:

В процессе проведения оперативного анализа ТМИ состояние бортовых систем (БС) оценивается из множества  $E$  заданных видов технического состояния как:

– *исправное состояние (исправность)* – состояние изделия, при котором оно соответствует всем требованиям эксплуатационно-технической документации (ЭТД);

– *неисправное состояние (неисправность)* – состояние изделия, при котором оно не соответствует хотя бы одному из требований ЭТД;

– *работоспособное состояние (работоспособность)* – состояние системы (подсистемы), при котором значения всех параметров, характеризующих способность выполнить заданные функции, соответствует требованиям (нормам и возможным состояниям), при-

веденным в ЭТД и (или) полученным в процессе моделирования состояния БС (прогнозным значениям).

Работоспособное изделие в отличие от исправного должно удовлетворять тем требованиям ЭТД, выполнение которых обеспечивает применение изделия по целевому назначению. Работоспособное изделие может быть неисправным, а его состояние не препятствует применению по целевому назначению;

– *неработоспособное состояние (неработоспособность)* – состояние системы (подсистемы), при котором значения хотя бы одного параметра, характеризующего способность выполнять заданные функции, не соответствует требованиям (нормам и возможным состояниям), приведенным в ЭТД и (или) полученным в процессе моделирования состояния БС (прогнозным значениям);

– *ограничено работоспособное состояние* – состояние, при котором система (подсистема) способна выполнять основные функции с некоторыми ограничениями (временными, точностными, ресурсными и т.д.), вызванными снижением некоторых тактико-технических характеристик системы;

– *предельное состояние* – состояние системы (подсистемы), при котором ее дальнейшее применение по назначению нецелесообразно или недопустимо (может привести к повреждению либо отказу), либо восстановление системы до исправного или работоспособного состояния невозможно или нецелесообразно.

Переход системы в предельное состояние влечет за собой временное или окончательное прекращение применения ее по назначению.

*Повреждение* – событие, заключающееся в нарушении исправного состояния системы при сохранении или нарушении работоспособного состояния.

*Отказ (failure)* – событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния системы.

Оценку контролируемых ТМ-параметров, полученных в сеансах связи со спутником, необходимо проводить с учетом конкретных режимов работы спутника и его подсистем путем сравнения фактических текущих значений (редакций ответа после автоматизированной обработки ТМИ) с их допустимыми значениями (нормами и возможными состояниями), приведенными в документации и полученными в процессе моделирования состояния БС (прогнозными значениями).

ТМ-параметр, с одной стороны, характеризует какое-либо свойство процесса, явления или события на борту КА, с другой стороны, значение параметра служит для различения элементов некоторого множества между собой.

В соответствии с фактическими значениями параметров и величиной их отклонений от пороговых прогнозных значений значение параметра можно охарактеризовать как:

*норма*,  $a_i = a_i^n$  если значения параметра находятся в пределах пороговых (допусковых) значений;

*предел*,  $a_i = a_i^p$  если значения параметра становятся близкими или равными их пороговым значениям;

*не норма*,  $a_i = a_i^{nn}$  если значения параметра за пределами его пороговых (допусковых) значений.

$$a_i = \begin{cases} a_i^n, & \text{если } a_{\min} + \varepsilon_i < a_i < a_{\max} - \varepsilon_i, \\ a_i^p, & \text{если } a_{\min} \leq a_i \leq a_{\min} + \varepsilon_i, \\ & \text{или } a_{\max} - \varepsilon_i \leq a_i \leq a_{\max}, \\ a_i^{nn}, & \text{если } a_{\max} < a_i < a_{\min}, \end{cases} \quad i = 1, 2, \dots, m$$

где  $a_i$  – фактическое значение параметра, полученного после предварительной обработки ТМИ;  $a_{\max}$  и  $a_{\min}$  – его пороговые (допустимые) значения;  $\varepsilon_i$  – окрестность пороговых значений  $i$ -го параметра.

При определении окрестности пороговых значений  $i$ -го параметра необходимо учитывать:

– точность измерения датчиков, характеризующих метрологические свойства системы телеизмерений;

– ошибки дискретизации, характеризующие разрешающую способность (минимальное отклонение сигнала, на которую реагирует система телеизмерений);

– ошибки при первичной обработке ТМИ (ошибки существенности).

В общем случае оперативный анализ работоспособности и технического состояния КА по данным ТМИ основывается на соответствии всей совокупности параметров, характеризующих объект, установленным нормам на заданный момент времени (методах четкой логики), а поэтому довольно легко описывается математически и автоматизируется.

### Детальный анализ ТМИ

Задача детального анализа – контроль функционирования бортовых систем КА на интервале, предшествующем сеансу связи, контроль отработки программы полета, прогнозирование и моделирование процесса функционирования бортовых систем.

Требования – высокая достоверность анализа и прогноза.

Методы – описательный (дескриптивный) анализ, оценивание динамических операций, оперативная аналитическая обработка данных (online analytical processing – OLAP).

Проводится на основе результатов обработки полного состава ТМИ (включая режим ВОСПР). При этом необходимо использовать и другие виды информации (баллистическую, донесения с наземных средств управления, целевую информацию и т.д.).

Используется при оперативном планировании работы бортовых систем КА (в пределах технологического цикла управления).

Контроль и диагностика функционирования бортовых систем КА производится путем анализа тенденций изменения ТМИ на интервале контроля

(режим НП) и ему предшествующему (режим ВОСПР), результатом которого является интегральная оценка происходящих на борту КА процессов.

Анализ показывает, что для разных групп параметров, в зависимости от физических процессов, протекающих в подсистемах, необходимо учитывать целый ряд возможных атрибутов параметров, среди которых наиболее существенными являются области допустимых значений (ОДЗ) параметров, направление изменения параметров в ОДЗ, очередность изменения параметров, относительная временная привязка (ОВП) алгебраическое и логическое условия взаимосвязи параметров, рандомизация параметров в группах, перекрытие ОДЗ [16].

### Полный анализ ТМИ

Задача полного анализа – контроль функционирования бортовых систем КА на всем интервале работы; контроль отработки программы полета в целом, прогнозирование и моделирование процесса функционирования бортовых систем, диагностика состояния бортовых систем КА, выявление аномальных и преданомальных ситуаций.

Требования – высокая достоверность анализа и прогноза.

Методы – диагностический анализ, оценивание динамических операций, прогностический (предиктивный) анализ, добыча данных (Data Mining).

Проводится на основе результатов обработки полного состава ТМИ за весь период полета, информация используется при долгосрочном планировании работы бортовых систем КА.

На этапе полного анализа ТМИ основное внимание направлено на интеллектуальный анализ полученных данных с целью получения доступных интерпретации знаний, необходимых для принятия управленческих решений.

### Выводы

Предложенные в работе направления усовершенствования методологии многоуровневого анализа за работы бортовых систем КА могут быть использованы для разработки и модернизации автоматизированных систем управления КА в отечественных системах управления с целью повышения эффективности функционирования космических систем и автоматизации процесса управления.

### Список литературы

1. Космические радиотехнические комплексы / Под общ. ред. Г.В. Стогова. – М.: МО СССР, 1986. – 626 с.

2. Застосування космічних систем для забезпечення дій збройних сил : Навчальний посібник / за ред. В.І. Ткаченка. – Х.: ХВУ, 2001. – 192 с.

3. Глазов Б.И. Автоматизация управления средствами и частями полигонных и космических комплексов / Б.И. Глазов. – М.: МО СССР, 1988. – 326 с.

4. Дружинин В.В. Вопросы военной системотехники / В.В. Дружинин, Д.С. Конторов. – М.: Воениздат, 1976. – 224 с.

5. Калашиников Н.И. Системы связи через ИСЗ / Н.И. Калашиников. – М.: Связь, 1969. – 384 с.

6. Моделирование и оценка эффективности применения космических систем: уч. пособие / Под общ. ред. Н.С. Пастушенко, В.П. Деденка. – Х.: ХВУ, 1997. – 278 с.

7. Абраменко Б.С. Эксплуатация радиотехнических систем / Б.С. Абраменко, И.В. Вольский, В.В. Гладченко. – М.: МО СССР, 1981. – 236 с.

8. Андреев В.П. Программе та математичне забезпечення обчислювальних засобів АСУ / В.П. Андреев. – ЖВІРЕ, МО України, 1998. – 164 с.

9. Архангельский В.И. Интегрированные АСУ в промышленности / В.И. Архангельский, И.Н. Бугаенко, Н.А. Рюмишин. – К.: НПК «КИА», 1995. – 316 с.

10. Організація системи управління космічними засобами в умовах однопунктної технології: навчальний посібник / С.Т. Черепков, В.І. Богомья, О.М. Загорулько, С.Д. Ставицький. – К.: НАОУ, 2005. – 57 с.

11. Рось А.А. Логическое программирование и его применение для моделирования поведения сложных систем / А.А. Рось // Автоматизированные системы управления и приборы автоматики. Сборник научных трудов. Х.: Вища школа, 1987. – С. 13-21.

12. Агаджанов П.А. Основы радиотелеметрии / П.А. Агаджанов, Б.М. Горшков, Г.Д. Смирнов. – М.: Воениздат, 1971. – 248 с.

13. Степкин В.С. Автоматизированная обработка и анализ телеметрической информации / В.С. Степкин, С.С. Шмыголь. – М.: МО СССР, 1980. – 516 с.

14. Сложные технические и эргатические системы: методы исследования: монография / А.П. Воронин, Ю.К. Зиятдинов, А.В. Харченко, В.В. Остапьевский. – Х.: Факт, 1997. – 240 с.

15. Сеидов Т.М. Автоматизированные системы управления войсками и связью / Т.М. Сеидов, А.Н. Румянцев. – М.: МО СССР, 1983. – 52 с.

16. Программно-математическое обеспечение автоматизированной системы управления космическими аппаратами / Под общ. редакцией Д.А. Ловцова. – М.: ВА им. Ф.Э. Дзержинского, 1995. – 456 с.

17. Куренков В.И. Основы устройства и моделирования целевого функционирования КА наблюдения / В.И. Куренков, В.В. Салмин, Б.А. Абрамов. – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2006. – 296 с.

18. Куренков В.И. Моделирование целевого функционирования КА наблюдения с учетом энергобаланса / В.И. Куренков, В.В. Салмин, Б.А. Абрамов. – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2007. – 160 с.

Поступила в редколлегию 29.07.2009

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.В. Козелков, ДП «ЦНИИ навігації и управління», Киев.

### МЕТОДИ І МОДЕЛІ КОНТРОЛЮ І ДІАГНОСТИКИ БОРТОВИХ СИСТЕМ КОСМІЧНОГО АПАРАТА

О.М. Загорулько

У роботі розглянуті особливості застосування відомих методів і моделей контролю та оцінювання технічного і функціонального стану КА і запропоновані шляхи удосконалення багаторівневого розподіленого оцінювання стану бортових систем КА для умов однопунктної технології управління.

**Ключові слова:** однопунктна технологія управління, контроль технічного і функціонального стану КА.

**METHODS AND MODELS OF CONTROL AND DIAGNOSTICS OF THE SYSTEMS OF SPACE VEHICLE**

A.N. Zagorulko

*In work the features of application of the known methods and models of control and evaluation of the technical and functional state are considered space vehicle and the ways of improvement of the multilevel distributed evaluation of the state of the systems of sides are offered space vehicle for the terms of one point technology of management.*

**Keywords:** *one point technology of management, control of the technical and functional state of space vehicle.*