

СОЗДАНИЕ СРЕДСТВ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЛОГИКИ УПРАВЛЯЮЩИХ АЛГОРИТМОВ БОРТОВЫХ КОМПЛЕКСОВ УПРАВЛЕНИЯ КА

©2010 Ю.М. Сыгуров

ФГУП «ГНПРКЦ “ЦСКБ-Прогресс”, Самара

Рассматриваются вопросы информационной поддержки процессов проектирования логики управления и соответствующих управляющих алгоритмов при разработке бортовых комплексов управления. Создание средств информационной поддержки процесса проектирования управляющих алгоритмов проводится с целью сокращения времени разработки логики управления и соответствующих управляющих алгоритмов и повышения эксплуатационных характеристик космических аппаратов (КА).

Бортовой комплекс управления, космический аппарат, бортовое программное обеспечение, бортовая вычислительная машина, управляющий алгоритм

1 Введение

В бортовых комплексах управления (БКУ) перспективных и эксплуатируемых в настоящее время космических аппаратов (КА) дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) центральным управляющим звеном является бортовая вычислительная система (БВС), а организующим ядром бортового комплекса управления являются алгоритмы, реализованные в бортовом программном обеспечении БВС [1,2].

Рост требований к характеристикам решаемых целевых задач КА ДЗЗ ведёт к усложнению как элементов приборно-аппаратурного комплекса КА, так и их взаимодействия, что в свою очередь ведёт к скачкообразному увеличению объёма и сложности бортового программного обеспечения.

Повышается актуальность создания надёжного бортового программного обеспечения с целью минимизации влияния последствий некорректной работы программ на функционирование КА. Одним из факторов, влияющих на надёжность БПО, является корректность сформированной логики управления бортовой аппаратурой (БА), и реализованной в управляющих алгоритмах [3,4].

Одним из направлений решения проблемы достижения высоких эксплуатационных характеристик БПО

является совершенствование традиционных методов проектирования и поиск новых подходов к проектированию логики функционирования аппаратно-программных средств элементов конфигурации приборно-аппаратурного комплекса КА при разработке БКУ. Поиск и разработка новых методов проектирования обусловлены тем, что существующие методы проектирования во многом не удовлетворяют современным требованиям по автоматизации проектирования и использования средств вычислительной техники при разработке, документировании, отображении и хранении проектно-конструкторской документации. К современным методам проектирования предъявляются требования по комплексности и достаточности формализованности, чтобы эти методы проектирования допускали их автоматизацию с использованием современных аппаратно-программных средств сбора, хранения и обработки информации: баз данных, баз знаний, средств отображения и средств документирования. Использование средств вычислительной техники предполагает создание методик проектирования, которые позволяли бы одновременно учитывать возможно большее число параметров, характеристик, обстоятельств и условий,

влияющих на технический облик создаваемой системы.

Одним из путей решения этой задачи является создание средств информационной поддержки процесса проектирования управляющих алгоритмов (СИПП УА) для использования при разработке бортовых комплексов управления космических аппаратов.

2 Анализ процесса проектирования логики управления бортовой аппаратурой

Процесс проектирования логики функционирования программно-аппаратного комплекса КА при разработке БКУ заключается в логическом и физическом согласовании работы бортовой аппаратуры КА для решения целевых задач КА. На этом этапе должны быть определены основные циклограммы работы бортовой аппаратуры и систем. Поэтому разработка логики работы БКУ будет заключаться в разработке логических процедур, осуществляющих управление каждой конкретной бортовой аппаратурой и управление всей бортовой аппаратурой КА в целом. Построенная логика управления затем реализуется управляющими алгоритмами комплексного функционирования КА. При проектировании логики управления КА используется следующая информация:

- материалы по логике управления систем и агрегатов при решении функциональных задач;
- требования по расположению во времени участков решения функциональных задач, которые включают в себя требования по последовательности выполнения участков функциональных задач и требования по возможности одновременного выполнения или взаимного наложения различных функциональных задач;
- требования по последовательности выполнения различных функциональных участков работы бортовой аппаратуры.

В результате разработки логики управления КА получаем следующие материалы:

- исходные данные для разработки управляющих алгоритмов комплексного функционирования;
- временные диаграммы, отражающие работу систем и агрегатов с указанием режимов функционирования бортовой аппаратуры и алгоритмов для различных вариантов работы КА;
- материалы по взаимному наложению алгоритмов;
- материалы для оценки потребных энергетических ресурсов для бортовой аппаратуры при реализации функциональных задач КА.

3 Формализованное представление исходных и выходных материалов

Начальным и достаточно сложным этапом решения задачи разработки средств информационной поддержки проектирования управляющих алгоритмов является формализация процесса проектирования. Для решения задачи этого этапа необходимо описать в математических понятиях и терминах процесс проектирования логики управления и управляющих алгоритмов комплексного функционирования, а также сформулировать математическую постановку задачи. Для задачи в математической постановке необходимо определить математические методы, которые позволят получить приемлемое решение. Ещё при формулировке математической постановки необходимо стремиться свести эту задачу к классу решённых или же допускающей решение путём использования декомпозиции известных математических методов. Во многих случаях возникает необходимость в разработке нового метода или адаптации имеющихся методов к полученной задаче. Следовательно, формализация процесса проектирования будет заключаться в представлении исходных данных, используемых в

процессе проектирования, и результатов, которые необходимо получить в результате проектирования, в математической интерпретации.

Для получения формализованного представления исходных данных и выходных материалов рассмотрим структурное построение модели для реализации перечисленных задач, отражающих работу систем и агрегатов, с указанием режимов функционирования бортовой аппаратуры и алгоритмов для различных вариантов работы КА. Организующим ядром БКУ являются алгоритмы, то есть вся логика управления в обеспечение взаимосвязанной работы всей бортовой аппаратуры реализуется управляющими алгоритмами. Поэтому в основу модели можно положить алгоритм и его описание. Определим структуру входящей в состав средств информационной поддержки модели для построения временной диаграммы, отражающей работу систем и агрегатов с указанием режимов функционирования бортовой аппаратуры и алгоритмов для различных вариантов работы КА. Базовые множества модели:

1. $BA = \{ BA_k \}$ - множество бортовой аппаратуры КА,

где BA_k - k -тая бортовая аппаратура КА.

2. $A = \{ A_{ij} \}$ - множество алгоритмов;

где $i = 1, \dots, N$ - номер алгоритма,
 $j = 1, \dots, KV_i$ - номер варианта работы алгоритма A_i . Каждый управляющий алгоритм A_i содержит KV_i вариантов работы в зависимости от условий, накладываемых на временной участок работы аппаратуры КА, в котором работает данный алгоритм A_i .

3. $\Omega = \{ \omega_i, < \}$ - упорядоченное по времени множество участков работы КА, где $W_i = \{ t_i, A_{ik} \}$, $i = 1, \dots, Ku$ - участки работы КА.

Характеристики приведённых множеств.

1. A_{ij} - i -й управляющий алгоритм, работающий по j -му варианту.

Каждый управляющий алгоритм будем описывать следующим набором данных:

$$A_i^j - \{ T_{раб}^{ij}, A_{вкл}^{ij}, uv_r^{ij} \},$$

$$A_i^j - \{ T_{раб}^{ij}, A_{вкл}^{ij}, A_{выкл}^{ij}, BA_{ij}, KU_{ij}, FP_{ij} \},$$

где $i = 1, N$; $j = 1, \dots, KV_i$;

$$1.1 \quad T_{раб}^{ij} - \{ (tr_1^{ij}, ur_1^{ij}), (tr_2^{ij}, ur_2^{ij}), \dots, (tr_{k_{ij}}^{ij}, ur_{k_{ij}}^{ij}) \},$$

где tr_r^{ij} - время работы j -го варианта алгоритма A_i при выполнении условия ur_r^{ij} ;

количество пар (tr_r^{ij}, ur_r^{ij}) определяет количество вариантов включений j -го варианта алгоритма A_i в зависимости от условия ur_r^{ij} .

1.2. $A_{вкл}^{ij}$ - множество алгоритмов, включаемых j -ым вариантом алгоритма A_i .

$$A_{вкл}^{ij} - \{ (A_{вкл1}^{ij}, tv_1^{ij}, uv_1^{ij}), (A_{вкл2}^{ij}, tv_2^{ij}, uv_2^{ij}), \dots, (A_{вклr}^{ij}, tv_r^{ij}, uv_r^{ij}), \dots, (A_{вклk}^{ij}, t_k^{ij}, uv_k^{ij}) \};$$

где набор $(A_{вклr}^{ij}, tv_r^{ij}, uv_r^{ij})$ означает, что в момент времени tv_r^{ij} при выполнении условия uv_r^{ij} j -й вариант алгоритма A_i включает алгоритм $A_{вклr}^{ij}$.

Параметр uv_r^{ij} - условие для выполнения операции включения алгоритма. Этот параметр является логической функцией, которая истинна при равенстве определённого набора переменных заданным значениям. Полный набор переменных, необходимых для описания работы алгоритмов, определяет состояние КА.

1.3. $A_{выкл}^{ij}$ - алгоритм, выключающий j -й вариант алгоритма A_i при своем включении

$$A_{выкл}^{ij} - \{ A_{выкл1}^{ij}, A_{выкл2}^{ij}, \dots, A_{выклk}^{ij} \}.$$

1.4. BA_{ij} - бортовая аппаратура КА, управляемая j -м вариантом алгоритма A_{ij} .

$BA_{ij} = \{ Nam, R_{ij}, P_{ij} \}$, где

Nam - наименование бортовой аппаратуры BA_{ij} ;

R_{ij} - режим работы БА из возможных режимов работы бортовой аппаратуры;

P_{ij} – энергопотребление бортовой аппаратуры БА_{ij} в режиме R_{ij}.

1.5. KU_{ij} -

$\{ (NamKu_1^{ij}, tk_1^{ij}, uk_1^{ij}), (NamKu_2^{ij}, tk_2^{ij}, uk_2^{ij}), \dots, (NamKu_r^{ij}, tk_r^{ij}, uk_r^{ij}), \dots, (NamKu_k^{ij}, tk_k^{ij}, uk_k^{ij}) \}$.

Ω - множество, состоящее из команд управления с именем $NamKu_{r, j}^{ij}$, выдаваемых j-м вариантом алгоритма A_i в момент времени t_r^{ij} при условии u_r^{ij} .

1.6. $FP_{ij} - \{ (PI_1^{ij}, t_1^{ij}, u_1^{ij}),$

$(PI_2^{ij}, t_2^{ij}, u_2^{ij}), \dots, (PI_k^{ij}, t_k^{ij}, u_k^{ij}) \}$ -

признаковая информация, формируемая при работе j – ZO варианта алгоритма

A_i при условии u_i^{ij} через время t_i^{ij} .

2. $= \{ \omega_r, < \}$ – упорядоченное по времени множество участков работы КА;

ω_r - r-й участок работы КА;

$\omega_r = \{ t_r, A_{rk} \}; r = 1, \dots, Ku;$

Ku - количество участков работы КА;

$t_0 = 0;$

t_r - время r-го участка.

A_{rk} – подмножество программ, работающих на r-ом участке и обладающих следующими свойствами:

$A_{01} = A_0$ – программа, циклограмму которой необходимо построить;

алгоритм A_p входит в состав W_i ,

то есть $\{ t_i, A_p \} \subset W_i$, если

существует такая $W_j, j \leq i$, у которой

имеется пара $\{ t_j, A_q \} \subset W_j$, что

$A_{вкл}^q = A_p$, причём $t_{вкл}^q \leq \sum t_r$,

$t_{вкл}^q + t_{раб}^q \geq \sum t_r, j < r < i$ и не существует

такой W_l , что $\{ t_l, A_m \} \subset W_l, A_m$

$= A_{выкл}^m, j < l < i$.

Совокупность четвёрок позволяет построить Ω - упорядоченную последовательность участков работы КА, а также построить диаграммы, отражающие работу алгоритмов для различных вариантов работы КА, и

материалы по наложениям алгоритмов и программ.

Множество Ω содержит в себе материалы по наложениям алгоритмов и программ. Произведя увязку работы алгоритмов с работой БА (систем и агрегатов) с указанием режимов функционирования БА и формированием признаковой информации, можно получить временную диаграмму работы бортовой аппаратуры.

4 Заключение

Анализ процесса проектирования логики управления КА и работа с демонстрационным вариантом программной реализации отдельных элементов СИПП УА показал, что при использовании формализованного представления информации в виде компьютерных математических моделей возможно внедрение средств вычислительной техники и компьютерных технологий хранения, обработки и отображения информации при проектировании управляющих алгоритмов. Это позволит наглядно отображать взаимодействие между системами и агрегатами и алгоритмами в различных режимах работы космического аппарата, оптимизировать циклограммы работы аппарата, повысить качество выполняемых работ, а также сократить трудоемкость разработки документации.

Библиографический список

1. Козлов Д.И., Аншаков Г.П., Агарков В.Ф., Антонов Ю.Г., Козлов В.Д., Чечин А.В., Фомин Г.Е. Конструирование автоматических космических аппаратов. – М.,Машиностроение, 1996.
2. Козлов Д.И., Аншаков Г.П., Мостовой Я.А., Соллогуб А.В. Управление космическими аппаратами зондирования Земли. – М.,Машиностроение, 1998.
3. Кульба В.В., Микрин Е. А., Павлов Б. В., Платонов В. Н. Теоретические основы проектирования

информационно-управляющих систем космических аппаратов.-М.: Наука, 2006.

4. Микрин Е.А. Бортовые комплексы управления космическими аппаратами и проектирование их программного обеспечения.- М.: Издательство МГТУ им.Н.Э.Баумана, 2003.

References

1. Kozlov D.I., Anshakov G.P., Agarkov V.F., Antonov Y.G., Kozlov V.D., Chechin A.V., Fomin G.E. Designing of automatic spacecrafts. – in russian – M., Mashinostroenie, 1996 – in russian

2. Kozlov D.I., Anshakov G.P., Mostovoi Y.A., Sollogub A.V. Earth remote sensing satellite control. – M., Mashinostroenie, 1998 – in russian

3. Kulba V.V., Mikrin E.A., Pavlov B.V., Platonov V.N. Theory of spacecraft information-management system designing.- M.: Nauka, 2006 – in russian.

4. Mikrin E.A. Spacecraft onboard control complexes and software designing. - M.: MSTU named after N.E.Bauman , 2003 – in russian.

CREATION OF INFOTAINMENT SUPPORT OF DESIGNING OF CONTROL ALGORITHMS LOGIC OF SPACECRAFT ONBOARD CONTROL COMPLEXES

© 2010 J.M. Sygurov

FSUI SRPSRC "TsSKB-Progress", Samara

Programming of control logic and algorithms for onboard control systems is analyzed in the article. Since the applicable software engineering methods haven't met the modern CAD requirements in most cases, the authors discuss formalized input and output data representation as a way out for effective infotainment of programming. Efficient information support of control logic and algorithms programming makes it possible to reduce design time, use computer aids for documenting, displaying and storage of design documentation, that results in improvement of satellite performance.

Onboard control system, satellite, onboard software, onboard computer, control algorithm

Информация об авторе

Сыгуров Юрий Михайлович, начальник сектора, отдел 1401 ФГУП ГНПРКЦ«ЦСКБ-ПРОГРЕСС» 443009, г.Самара, ул.Земеца, д.18, Тел. 992-67-01, E-mail: sygurov_jm@mail.ru, Область научных интересов: проектирование и эксплуатация бортовых комплексов управления.

Sygurov Yury Mikhailovich, Head of 1401 sector, 1401 Department FSUI SRPSRC "TsSKB-PROGRESS" , 18, Zemets Str., Samara, 443009, Phone 992-67-01, E-mail: sygurov_jm@mail.ru, Field of research: design and service of spacecrafts onboard control complex

ВЕСТНИК
САМАРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
имени академика С. П. КОРОЛЁВА
(национального исследовательского университета)

№ 2 (22)

2010

Корректор **Полькина Т. П.**
Компьютерная вёрстка **Прокопьева И. А., Лукьянова Т. Е.**
Печатник **Мухина Н. А.**

Каталожная цена: 1000 руб.

Формат 60×84 1/8. Усл. печ. 70,75 Бумага офсетная. Печать офсетная.
Тираж 200. Заказ 4621.

Отпечатано в типографии ФГУП «ГНПРКЦ «ЦСКБ-ПРОГРЕСС»
443009, Самара, ул. Земеца, 18

**Правила оформления статей для журнала
«Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета
имени академика С. П. Королёва (национального исследовательского университета)»**

1. Статья представляется в двух экземплярах, распечатанных на лазерном принтере на одной стороне бумаги в режиме качественной печати, а также в электронном виде на отдельном носителе ответственному секретарю редакционной коллегии журнала Прохорову Александру Георгиевичу по адресу: 443086, Самара, Московское шоссе, 34, 212а – 3А, тел.: (846) 267 48 41, электронная почта: vest@ssau.ru.

2. Текст статьи представляется в формате Microsoft Word на дискетах, CD или DVD. Объём статьи - до 10 страниц формата А4. Имя файла определяется по фамилии первого автора: фамилия.doc. Поля - по 2 см с каждой стороны, текст - кегль 12, одинарный междустрочный интервал. Выравнивание: по ширине страницы. Шрифты - Times New Roman, Symbol. Отступ первой строки абзаца - 1 см. Страницы должны быть пронумерованы.

Замена буквы «ё» на букву «е» недопустима. Написание в тексте буквы «ё» является обязательным.

3. Допускается наличие рисунков, формул и таблиц по тексту.

Рисунки могут быть созданы средствами Microsoft Word/Excel или в форматах JPEG, GIF, TIFF, PNG. Подпись к рисунку начинается со слова «Рис.» и номера по порядку, подпись располагается снизу, выравнивание – по центру. Для ссылки по тексту статьи на рисунок 1 следует использовать сокращение: рис. 1.

Для математических выражений и формул следует использовать Microsoft Equation 3.0 и буквы латинского (*Times New Roman, курсив, размер 12*) и греческого (*Symbol, курсив, размер 12*) алфавитов. Формулы, на которые в статье делаются ссылки, следует печатать с новой строки, при этом формулы нумеруются в порядке следования по тексту статьи. Номер формулы и ссылка на неё в тексте обозначается числом в круглых скобках: (1), (2), (3). Длина формулы на строке строго ограничена – до 80 мм (допускается перенос на следующие строки).

Заголовок таблицы начинается со слова «Таблица» и её номера по порядку, заголовок размещается сверху, выравнивание – по левому краю. Для ссылки по тексту статьи на таблицу 1 следует использовать сокращение: табл. 1.

4. Библиографический список оформляется отдельным разделом в конце статьи, при этом литературные источники располагаются в порядке их использования по тексту статьи в виде нумерованного списка, и оформляется в соответствии с действующим ГОСТ.

5. К тексту статьи прилагается направление организации (если авторы не являются сотрудниками СГАУ), рецензия специалиста по научному направлению статьи (не являющегося сотрудником подразделения, где работают авторы), акт экспертизы, информация об авторах для опубликования в журнале. На отдельной странице указываются сведения об авторах для служебного пользования: фамилия, имя, отчество, должность, учёная степень, учёное звание, место работы, служебный и домашний адреса, телефон, электронная почта. Статья должна быть подписана всеми авторами.

6. Статьи, не отвечающие перечисленным требованиям, к рассмотрению не принимаются. Рукописи и сопроводительные документы не возвращаются. Датой поступления рукописи считается день получения редакцией окончательного текста.

7. Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.

Образец оформления

УДК 536.04

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПОЛЕЙ СЛОЖНОЙ ЗАМКНУТОЙ СТРУКТУРЫ НА БОРТУ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ КОСМИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ

© 2006 Г. П. Аншаков¹, В. В. Бирюк², В. В. Васильев², В. В. Никонов², В. В. Салмин²

¹ФГУП ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс»

²Самарский государственный аэрокосмический университет

(аннотация статьи объёмом 50...150 слов, кегль: 10)

(ключевые слова объёмом 8-12 слов, кегль: 10, начертание: курсив)

(текст статьи)

(библиографический список)

(информация об авторах для опубликования: фамилия, имя, отчество, учёная степень, учёное звание, должность, место работы, электронная почта, область научных интересов - до 10 слов)

THERMAL FIELDS SIMULATING OF COMPLEX CLOSED STRUCTURE ABOARD RESEARCH SPACE LABORATORY

© 2006 G. P. Anshakov¹, V. V. Biruk², V. V. Vasiliev², V. V. Nikonov², V. V. Salmin²

¹«Progress» Design Bureau

²Samara State Aerospace University

(аннотация статьи - на английском языке)

(ключевые слова - на английском языке)

(библиографический список - на английском языке)

(информация об авторах для опубликования - на английском языке)

