

Е. В. Кочура

РАЗРАБОТКА МАКРОПРОГРАММ ИНТЕГРАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ КОСМИЧЕСКИМИ АППАРАТАМИ

Выбрано направление развития и совершенствования процесса разработки макропрограмм интегрального управления с целью сокращения трудозатрат и снижения влияния «человеческого фактора». Выдвинуты основные функциональные требования к инструментальным средствам проектирования макропрограмм автономного управления космическими аппаратами.

Ключевые слова: макропрограммы интегрального управления, инструментальные средства проектирования, функциональные требования.

В соответствии с используемыми в ОАО «Информационные спутниковые системы» имени академика М. Ф. Решетнева» принципами построения бортового программного обеспечения спутников связи и навигации [1], реализация интегральных режимов функционирования спутника осуществляется с помощью средств интегрального управления, входящих в состав ПО БКУ и являющихся по сути интерпретаторами проблемно ориентированного языка программирования «Реал» [2], реализующего логику автономного управления спутником.

Программы, написанные на этом языке, исходя из их статуса и назначения, называются макропрограммами интегрального управления.

Макропрограммы интегрального управления космическими аппаратами. Макропрограммы интегрального управления представляют структурированный набор логических посылок и соответствующих управляющих воздействий, который предназначен для обработки программами интерпретаторами. Существуют три типа макропрограмм интегрального управления, принадлежность к которым определяется решаемыми задачами и типом обрабатывающего их интерпретатора. Для интегрального управления космическими аппаратами (КА) в БПО используются макропрограммы автономного управления, макропрограммы дежурного контроля и диагностики, макропрограммы накопления статусной информации. Каждый из видов макропрограмм имеет отличный от других состав элементов, обусловленный логикой работы конкретной программы интерпретатора [3].

Наиболее сложны для проектирования макропрограммы автономного управления, поскольку, так же как и соответствующий им интерпретатор, могут иметь в своей логике собственный рекурсивный вызов. Состав элементов макропрограмм, согласно [4], представлен в следующем перечне:

- группы логических последовательностей;
- логические последовательности;
- макроэлементы;
- массив возможных условий;
- рекомендации.

Группы логических последовательностей образуют одну макропрограмму и содержат перечень логических последовательностей. В свою очередь логические последовательности состоят из набора макроэлементов, каждый из которых выполняется только в том случае, если после обработки предыдущего получено истинное зна-

чение. Макроэлементы состоят из логических условий и рекомендаций сопоставляемых с истинным и ложным значениями макроэлементов [4].

Этапы и средства разработки макропрограмм интегрального управления КА. Проектирование макропрограмм в настоящий момент представляет, в первую очередь, анализ исходных данных, содержащих требования к логике функционирования КА в соответствии с одним из режимов автономной работы. Содержание исходных данных излагается в произвольной форме, что не дает возможности для их автоматического использования программными средствами разработки. Второй этап проектирования состоит в разработке оптимального алгоритма действий макропрограммы с учетом особенностей проектирования БПО КА [1]. Данный этап, так же как и предыдущий, не обладает программными средствами автоматизации процесса разработки. Создание программных модулей является третьим этапом разработки, который выполняется с использованием системы программирования (СП) «Реал». СП «Реал» позволяет автоматически получать синтаксически непротиворечивые программные модули на основе информации задаваемой проектантом. Логические посылки проектируются при помощи оконного интерфейса СП «Реал» и транслируются в программные модули, содержащие описание логических посылок на проблемно ориентированном языке «Реал». Четвертый этап – это тестирование полученных макропрограмм на семантическую непротиворечивость и соответствие логике функционирования, описываемой в исходных данных. Тестирование макропрограмм имеет предпосылки для полной автоматизации процесса, что обусловлено в первую очередь логикой работы программ интерпретаторов, а во вторую – наличием формального графического языка описания циклограмм тестирования и средств подготовки циклограмм, предоставляемых автоматизированной системой испытаний [5].

Необходимо повысить эффективность проектирования макропрограмм, что позволит увеличить функциональные возможности бортового программного обеспечения (БПО) космического аппарата (КА) в режимах автономной работы. Для достижения большей результативности процесса создания макропрограмм нужно усилить формализацию в точках взаимодействия разных уровней проектирования, а также повысить наглядность содержания как отдельной макропрограммы, так и полностью

комплекса макропрограмм для конкретного бортового интерпретатора.

Требуемые функции инструментов проектирования.

Исходя из описанной задачи, сформулированы основные функциональные требования к автоматизации процесса проектирования макропрограмм интегрального управления. На данном этапе разработки принято решение о создании программного комплекса, позволяющего реализовать описанные далее функциональные требования.

1. Взаимосвязанное, графическое представление всех элементов проектирования: элементы макропрограмм, макроэлементы, макрокоманды, макропрограммы независимо друг от друга и комплексы взаимодействующих макропрограмм в целом. Все перечисленные элементы должны иметь отображение на общей временной оси, также должна быть предусмотрена возможность подробной детализации выбранной группы элементов.

2. Работа с ранее созданными макропрограммами должна осуществляться таким образом, чтобы исходные файлы не требовали доработки. Другими словами, создаваемая система должна обеспечивать преемственность макропрограмм с учётом особенностей их создания. Примером такой особенности может являться различная идентификация элементов макропрограмм. В настоящее время СП «Реал» позволяет присваивать однотипным элементам идентификаторы разного вида, что не способствует усилению формализации.

3. Автоматическое распознавание идентификаторов разного вида, но одного типа элементов и их преобразование в единую форму, необходимую для отображения с использованием графического языка.

4. Возможность графического конструирования перечисленных в п. 1 элементов. Учет параметров времени и условий реализации, предусмотренных логикой работы, должен выполняться программными средствами непосредственно при построении графической последовательности в процессе конструирования.

5. Автоматическая генерация тестовых циклограмм, позволяющих обрабатывать макропрограммы в объеме, гарантирующем их качество. Необходима возможность создания тестовых циклограмм для отдельно взятой макропрограммы с целью проведения автономной отладки разработанного продукта. Для подтверждения на соответствие логике функционирования, отображенной в исходных данных, реализовать функцию автоматической генерации тестовой циклограммы одновременно для комплекса разработанных макропрограмм. Необходима реализация возможности выбора проектантом набора макропрограмм для организации тестового комплекса и возможность использования тестового комплекса, предлагаемого системой проектирования, для снижения влияния «человеческого фактора» на процесс тестирования.

Имеющиеся средства, такие как «CODE» [6], «HeNCE» (Heterogeneous Network Computing Environment) [7] – графические системы для создания параллельных программ и ГРАФКОНТ/ГЕОЗ – интегрированная среда для проектирования управляющих алгоритмов реального времени [8], не позволяют реализовать специализированные задачи в части проектирования БПО КА. Кроме того, выдвинутые требования к автоматизации процесса разработки

макропрограмм интегрального управления предъявляются впервые и не имеют реализации в рассматриваемой предметной области, что позволяет говорить об отсутствии необходимых средств проектирования. Уникальность и потребность в программном продукте, который базируется на выдвигаемых требованиях, обуславливается узкой спецификой исследуемой области.

Функциональные требования, описанные выше, положили начало разработке прототипа программного средства визуализации макропрограмм автономного управления [9]. Актуальность задачи автоматизации проектирования макропрограмм интегрального управления обуславливает дальнейшее развитие уже существующих и формирование новых требований к программному средству визуализации при непосредственном использовании созданного прототипа.

Таким образом, представленные требования, сформулированные на основе анализа предметной области, проведенного путем непосредственного участия в процессе создания макропрограмм, дают возможность начать работы по созданию средств проектирования, которые могут существенно повысить эффективность работы проектанта и снизить влияние «человеческого фактора» на процесс разработки.

Библиографические ссылки

1. Колташев А. А., Кочура С. Г., Хартов В. В. Современная технология разработки и сопровождения бортового программного обеспечения спутников связи и навигации // Космические вехи: сб. науч. тр., посвящ. 50-летию создания ОАО «ИСС» им. акад. М. Ф. Решетнева». Красноярск, 2009.
2. Система PEAL-SESAT. Описание языка // ФГУП НПОИМ, 1996.
3. Хартов В. В. Построение на встроенной цифровой вычислительной машине интерпретатора алгоритмов логического управления сложным объектом // Космические вехи : сб. науч. тр. Железногорск, 2009. С. 225–228.
4. Бортовое программное обеспечение. Программное обеспечение бортового комплекса управления. СЕАНС. Описание программы. 154.16241-01 13 70 / ОАО «ИСС им. акад. М. Ф. Решетнева». Железногорск, 2009.
5. Колташев А. А. Основные принципы системного тестирования и подтверждения бортового программного обеспечения спутников // Вестник СибГАУ. Вып. 1 (27). 2010.
6. CODE. [Electronic Resource] // CODE. URL: www.cs.utexas.edu/users/code/ (дата обращения: 08.10.2010).
7. HeNCE (Heterogeneous Network Computing Environment) [Electronic Resource] // HeNCE. URL: www.netlib.org/hence/index.html/ (дата обращения: 08.10.2010).
8. Тюгашев А. А. Интегрированная среда для проектирования управляющих алгоритмов реального времени / СГАУ. Самара. 2005.
9. Калентьев А. А., Тюгашев А. А. Средства визуализации программ интегрального управления космическими аппаратами // Системный анализ, управление и навигация : тез. докл. 15 Междунар. науч. конф. Крым: Евпатория, 2010.

MACRO PROGRAMS ENGINEERING OF INTEGRATED CONTROL BY SPACE VEHICLES

The direction of development and perfection of macro programs engineering process of integrated control for the purpose of reduction of expenditures of labor and influence decrease «the human factor» is defined. The basic functional requirements to tool design tools of macro programs of an off-line control are formulated by space vehicles.

Keywords: macro programs of integrated control, tool design tools, functional requirements.

© Кочура Е. В., 2011

УДК 621.45–181.4:629.78

Е. М. Краева, И. С. Масич

ВИХРЕВЫЕ СТРУКТУРЫ ТУРБУЛЕНТНЫХ ПОТОКОВ И ИХ МОДЕЛИРОВАНИЕ*

Представлен анализ основных параметров вихревых турбулентных потоков в поле центробежных сил. Получены зависимости математического моделирования, позволяющие проводить расчеты вихревых турбулентных структур

Ключевые слова: модель, турбулентность, параметры, вихревой поток.

Модель течения при турбулентном обтекании свободной плоской струей впадины впервые была исследована Р. Л. Хагеном и А. И. Данаком в 1966 г. Физическая модель обтекания прямоугольной впадины в виде отрывного течения с образованием вихревой зоны представлена на рис. 1.

Фотографии из работы [1] по визуализации течения при обтекании прямоугольной впадины различной ширины « b » и глубины « h » представлены на рис. 2. Линии тока визуализируются при помощи алюминиевого порошка в глицерине. По мере уменьшения ширины канала под первичным вихрем начинает формироваться вторичный и т. д. При увеличении ширины канала наоборот формируются последовательно после первого второй вихрь, параметры которых определяются соотношением высоты впадины к ширине.

В центробежных рабочих колесах полуоткрытого и открытого типов существует неравномерность потока и вихревое взаимодействие по радиусу основных потоков жидкости и в боковой пазухе насоса. Лопатки передают энергию потоку жидкости, часть которого в боковой пазухе движется с отставанием от основного. В результате образуется течение как в канале за плохообтекаемым телом, характеризующимся возникновением возвратных токов и вихрей [2]. Этот процесс определяется отношением ширины к длине канала, толщиной пограничного слоя на стенках и относительной высотой лопатки. Взаимодействие потоков в пазухе и каналах приводит к появлению циркуляционного течения в зоне за лопаткой.

Картина течения между вращающимся РК с торцовыми лопатками и гладким корпусом довольно сложна.

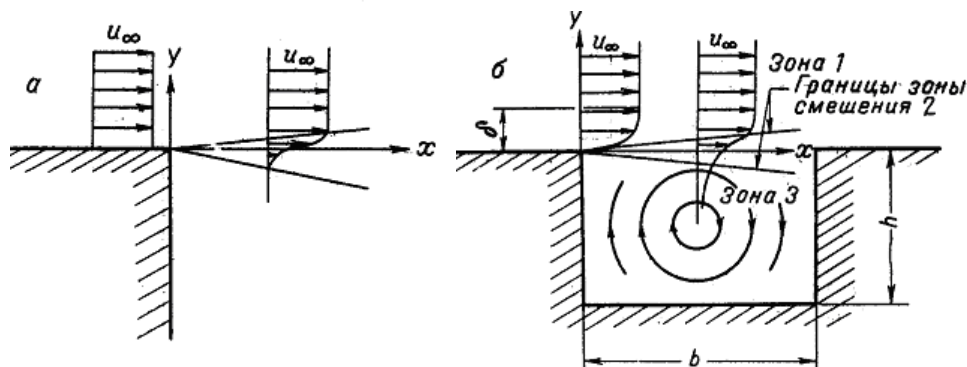


Рис. 1. Физическая модель течения: a – свободная плоская струя; b – впадина; 1 – зона набегающего потока; 2 – границы зон смешения; 3 – зона циркуляционности вихревого течения

* Работа выполнена при финансовой поддержке гранта ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг. ГК № П231 от 23.04.2010.