

УДК 520.6.05

ПРИМЕНЕНИЕ ДИАГРАММ СОСТОЯНИЙ В РАЗРАБОТКЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ БОРТОВОГО ДАТЧИКА ОРИЕНТАЦИИ КА ПО ИЗОБРАЖЕНИЮ ЗВЕЗДНОГО НЕБА

Я.О. Замирец, Национальный аэрокосмический университет им.Н.Е.Жуковского «Харьковский авиационный институт», г.Харьков

Предложен обоснованный метод описания программного обеспечения бортовых приборов с помощью использования современных графических средств системного анализа, позволяющий наглядно и качественно представить строение, структуру и внутреннее взаимодействие программного обеспечения бортовых комплексов управления космическими аппаратами.

Запропонований обґрунтований метод опису програмного забезпечення бортових приладів за допомогою використання сучасних графічних засобів системного аналізу, що дозволяє наочно і якісно представити будову, структуру і внутрішню взаємодію програмного забезпечення бортових комплексів управління космічними апаратами.

The founded method of description on-board devices' software based on using modern graphics tools of system analysis, that allows visually and qualitatively present construction, structure and internal interaction of software of on-board complexes of spacecraft control has been proposed.

Ключевые слова: графические средства системного анализа, диаграммы состояний, звездный прибор, алгоритмы управления, определение ориентации КА.

Введение

Новые задачи освоения околоземного космического пространства и изучения дальнего космоса требуют высокой точности определения ориентации бортовых комплексов управления перспективных научных космических аппаратов (КА), в частности систем информационного обеспечения, оказывающих определяющее влияние на их целевую эффективность в целом. В связи с этим исследование путей улучшения характеристик приборов ориентации по точности определения ориентации космических аппаратов, основанных на разработке и внедрении приборов нового поколения и перспективных технологий их применения, приобретает особую актуальность

Дополнительным методом описания функционирования программного обеспечения (ПО), может быть описание через диаграммы состояний, что позволяет наглядно описывать структуру ПО, состояния ПО и определение переходов между этими состояниями. Предлагаемый метод позволяет наглядно описывать ключевые стадии и режимы работы ПО, адекватно отражать возможные переходы между режимами и

значительно улучшает как разработку программ и методик испытаний, так и отработку ПО.

Метод диаграмм состояний

Одним из методов улучшения процессов, связанных с разработкой и отработкой ПО, является применение современных графических средств системного анализа [1-6]. В настоящее время наблюдается расширение области задач разработки программного обеспечения, в которых применяются графические средства разработки ПО, в том числе и для применения в бортовых приборах КА, [7].

Представим несколько примеров применения предлагаемого метода. Метод заключается в выделении в программном обеспечении звездного датчика отдельных состояний на разных уровнях функционирования и описании взаимодействия между этими уровнями и состояниями средствами и описаниями языка SysML.

На высоком уровне при существовании операционного и специального программного обеспечения (ОПО и СПО соответственно) взаимодействие между ними внутри такта вычислительной машины может быть описано диаграммой, представленной на рисунке 1

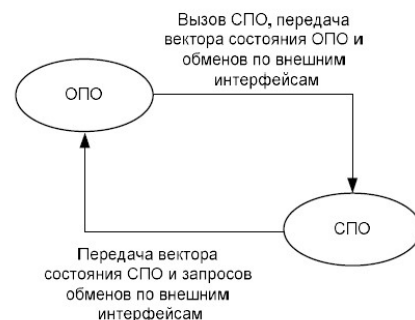


Рис. 1. Диаграмма взаимодействия ОПО и СПО

Представленная на рисунке 1 диаграмма отражает взаимодействие между ОПО и СПО и информационные потоки между ними. Каждая отдельная информационная связь выражается информационным протоколом взаимодействия. Опускаясь на уровень ниже, метод применяется уже для описания состояний либо ОПО, либо СПО. На рисунках 2 и 3 представлены диаграммы состояния верхнего уровня СПО, на котором описывается взаимодействие между группами модулей, отвечающих за режимы работы звездного прибора (ЗП).

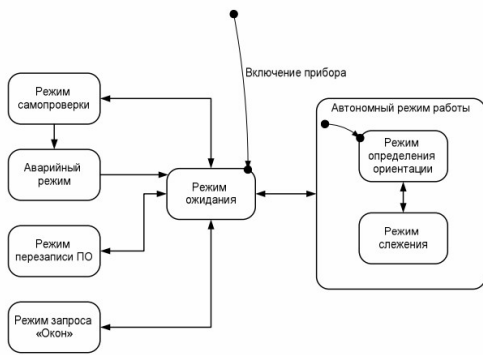


Рис. 2. Диаграмма режимов работы типового ЗП

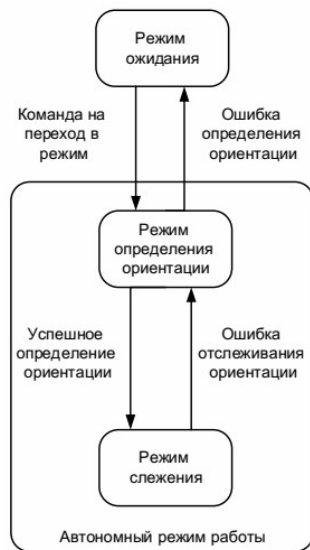


Рис. 3. Частная диаграмма перехода между режимами ЗП

Диаграмма, представленная на рисунке 2, демонстрирует набор режимов функционирования типового ЗП и допустимые переходы между указанными режимами. Также на диаграмме приведен пример

раскрытия сложного состояния: автономный режим работы представлен как совокупность режима определения ориентации и отслеживания ориентации и соответствующего взаимодействия между ними. Все обозначенные переходы по сути являются условными переходами, описываемые протоколами информационного взаимодействия.

На рисунке 3 представлена частная диаграмма переходов между режимами ЗП. На диаграмме представлено взаимодействие между режимом ожидания и автономным режимом работы. Переходы представлены определенными условиями: переход из режима ожидания возможен только по команде. В случае возникновения нештатной ситуации, вызывающей срыв слежения или определения, реализуются обратные переходы из режима слежения вплоть до возврата в режим ожидания.

Примеры, представленные на рисунках 2 и 3, демонстрируют применение графических средств системного анализа (ГССА) для описания взаимодействия сложных состояний, режимов работы, приборов и программных комплексов. Иным наполнением состояния может быть вектор признаков, определяющих работу функционально связанных групп алгоритмов.

На высоком уровне таким примером служит диаграмма взаимодействия ОПО и СПО, представленная на рисунке 1. На низких уровнях состояния могут отвечать за демонстрацию резервирования системы и применения резервов. К примеру, на космическом аппарате установлено два типа звездных приборов. Количество звездных приборов первого типа равно 2, второго типа равно 1. Звездные приборы работают в режимах комплексирования информации с гироскопическими датчиками угловых скоростей (ДУС). Режимы комплексирования ДУСов с ЗП разного типа отличаются между собой из-за различий в работе приборов. Описать переходы между этими режимами можно при помощи диаграммы, представленной на рисунке 4.

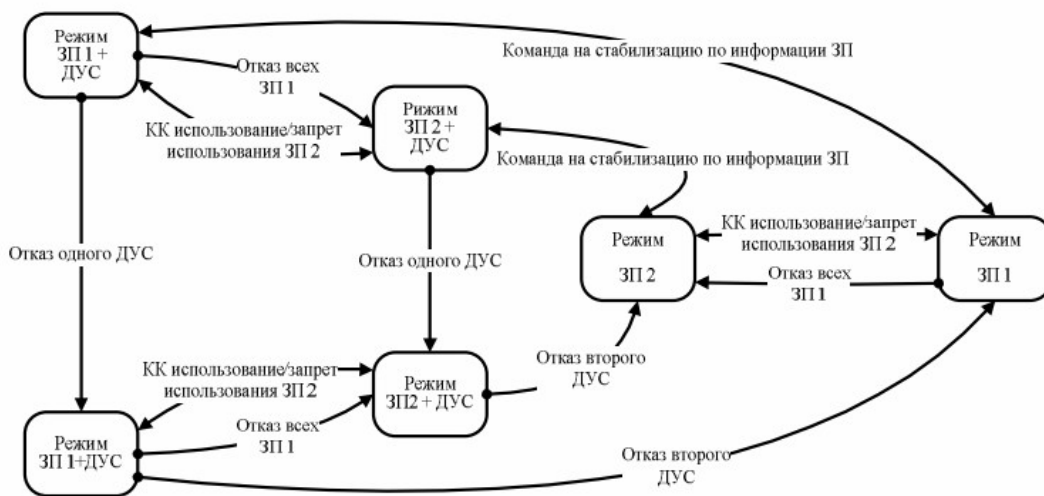


Рис. 4. Диаграмма переходов между режимами использования звездных приборов в составе КА.

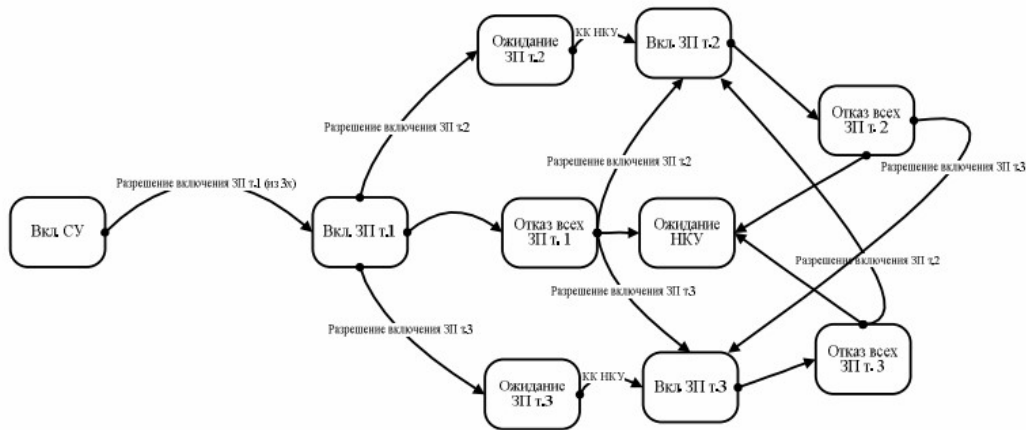


Рис. 5. Диаграмма переходов при задействовании резервов ЗП

Диаграмма, представленная на рисунке 4, отображает работу программного комплекса, в который входят алгоритмы управления ЗП, алгоритмы управления ДУС, алгоритмы функционального контроля измерительной информации и алгоритмы комплексирования информации. Пример описания применения резервов ЗП трех типов представлен на рисунке 5.

Диаграмма, представленная на рисунке 5, отображает состояние алгоритмов управления звездными приборами в зависимости от применяемого типа звездных приборов. Данная диаграмма отражает необходимые переходы между состояниями алгоритмов, при этом сами состояния алгоритмов выражаются конфигурацией признаковой информации.

Применение диаграмм состояния при анализе нештатных ситуаций

Функционирование космических аппаратов связано с большим количеством особенностей и

ограничений, которые могут усложнить анализ возникновения и развития нештатных ситуаций. Одним из таких ограничений, к примеру, является канал сброса телеметрии. Работа телеметрического канала связана с ограничениями объема передаваемой информацией и ее потерей. Продемонстрируем применением диаграмм состояния для анализа нештатных ситуаций на примере ситуаций, связанных со сбоями и отказами в гироскопическом интеграторе угловых скоростей (ГИВУС) на космическом аппарате «МС-2-8». Функциональный тракт приема и обработки сигналов ГИВУС представлен на рисунке 6. Прибор ГИВУС состоит из четырех независимых измерительных каналов с аналоговым выходом. Выходная информация ГИВУС поступает на обработку в устройство преобразования. Устройство преобразования формирует информацию от ГИВУС в цифровом виде для алгоритмов расчета ориентации.

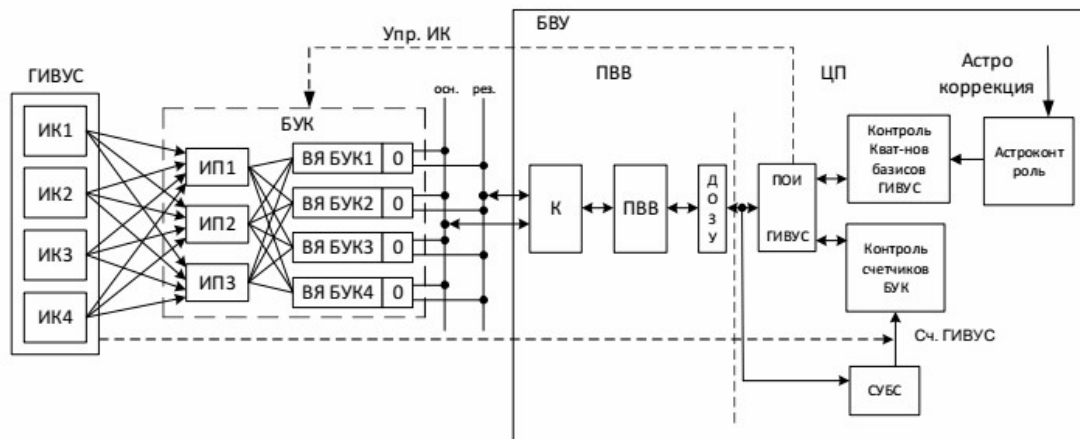


Рис. 6. Функциональный тракт ГИВУС



Рис. 7. Диаграмма состояний ПОУО при отказах измерительного тракта ГИВУС

На этапе разработки подсистемы определения и управления ориентацией (ПОУО) осуществляется анализ видов и последствий критичности отказов, в ходе которого производится выделение состояний ПОУО при возникновении отказов. На диаграмме, представленной на рисунке 7, отображены состояния ПОУО и переходы между этими состояниями.

Указанная диаграмма применяется при анализе телеметрической информации с космического аппарата при возникновении нештатных ситуаций в измерительном тракте ГИВУС. Однозначность переходов позволяет восстанавливать причину отказа или перехода в отказное состояние, избежать возможное заикливание алгоритмов. Диаграмма представляет состояния высокого уровня. Частный переход, представленный на более низком уровне, отображен на диаграмме, представленной на рисунке 8.



Рис. 8. Частная диаграмма переходов при фиксировании первых отказов

Наглядность и информативность диаграммы, представленной на рисунке 8, позволяет при анализе нештатных ситуаций по данным телеметрии использовать конечное количество гипотез и проверок. При возможном отсутствии в телеметрии данных о срабатывании определенного типа контроля, применение диаграммы состояний позволяет сократить время восстановления картины событий и развития отказа. Диаграмма

состояний отказов БКУ позволяет не только наглядно и открыто разрабатывать программно-математическое обеспечение, но и в случае анализа нештатных ситуаций, возникающих при функционировании КА, быстро проводить анализ причин и сценариев развития отказов.

Выводы

Применение описанного метода позволяет доступными альтернативными средствами представить графическое описание, основанное на методах системного анализа, постановки задачи для разработки программно-алгоритмического описания бортового комплекса управления, графическими средствами документировать взаимодействие отдельных элементов любого размера внутри сложных программных комплексов.

Применение предложенных диаграмм в описании алгоритмов ПОУО, предложено с целью сокращения время анализа и поля возможных событий при возникновении нештатных ситуаций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Коварцев А.Н. Методы и средства визуального параллельного программирования. Автоматизация программирования: учеб. Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2011. 168 с.
2. Д.В. Кознов. Программная инженерия и визуальное моделирование: воспитание культуры работы с информацией // «Программная инженерия», 2015. №10. С. 3-11.
3. Иванов Д. Ю., Новиков Ф. А. Основы моделирования на UML: Учебное пособие. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2010. 249 с.
4. S. Friedenthal, A. Moore, R. Steiner. A Practical Guide to SysML: The Systems Modeling Language.: Morgan Kaufmann, 2009, P. 630.
5. J. Eickhoff. Simulating Spacecraft Systems, Immenstaad: Springer, 2009. P. 359
6. Pittelkau M.E. Advances in Attitude Determination With Redundant Inertial Measurement Units // Advances in the Astronautical Sciences, 2006. Vol. 124. Part 1. pp. 163-178
7. Проектирование и испытание бортовых систем управления: Учебное пособие /Под редакцией А.С. Сырова. М.: МАИ-ПРИНТ, 2011. 173 с.