

КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ ПРИ СОЗДАНИИ МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

В работе рассмотрены вопросы проектирования малых космических аппаратов (МКА) массой до 1000 кг и платформ для них с массой 600 – 700 кг. МКА с указанной массой входят по массе в класс наиболее востребованных и запускаемых в настоящий период времени спутников.

Комплексирование (сочетание, объединение, создание комплекса) бортовой аппаратуры (БА), в том числе за счет её включения в конструкцию и монтажную схему КА, а также за счет её работы, основанной на принципах взаимозаменяемости функций приборов и систем, позволяет повысить надёжность и снизить массу создаваемых КА или его платформы.

Комплексирование может быть:

- структурным;
- функциональным.

Комплексирование выражается в:

- интеграции (объединении) элементов бортовой аппаратуры (БА) друг в друга.

Может выражаться в конструктивном объединении и взаимном слиянии элементов друг в друга без потери функций каждого из элементов;

- унификации блоков и элементов БА в соответствии с принятыми стандартами и их включении в монтажную схему МКА. При этом может достигаться большее удобство компоновки, при одновременном снижении массы МКА или МКП, значительно упрощается сборка и разборка МКА или МКП, замена отказавшей БА;

- унификация интерфейсов связи БА между собой. При едином протоколе информационного обмена на борту не требуется создание специальных преобразователей для взаимодействия систем с отличающимися протоколами обмена;

- включении конструкции отдельной БА в несущую конструкцию МКА или конструкцию другой БА. При этом нагрузка, прикладываемая к конструкции МКА, распространяется и на конструкцию рассматриваемой БА;

- взаимозаменяемости отдельных функций приборов и модулей БА. В этом случае под руководством разработанного программного обеспечения происходит перераспределение ответственности между приборами и модулями БА в случае отказа

одного из них. При этом обеспечивается дальнейшее выполнение целевой задачи, повышается надёжность и живучесть КА в целом.

Оптимальное комплексирование элементов УМКП позволяет повысить надёжность её функционирования.

При интеграции (объединении) элементов БА друг в друга резко снижается масса и занимаемый элементами объём в отсеке МКА. Данное свойство возможности интеграции реализуется за счет достигнутых успехов в области микроэлектроники и технологий.

На рисунке 1 представлен вариант интеграции на панели солнечной батареи наноспутника BEESAT-4 (Технический университет Берлина) магнитных катушек и датчиков Солнца системы ориентации, датчиков магнитного поля, антенн связи с наземным комплексом управления, системы распределения питания и др.

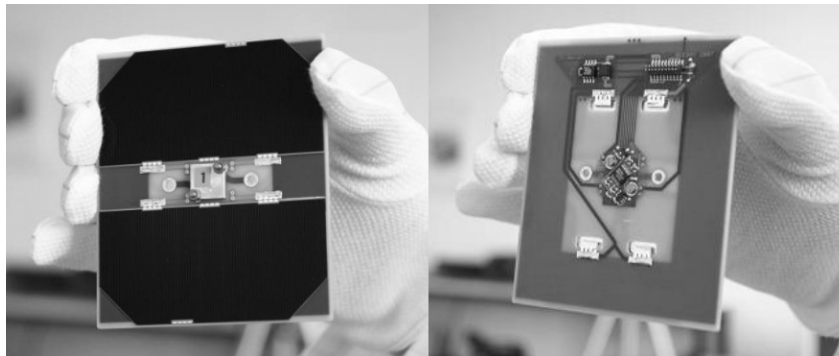


Рисунок 1 – Интеграция элементов систем наноспутника BEESAT-4

В работе ставится постановка задачи комплексирования МКА, одного из путей снижения массы и повышения надежности функционирования спутника.

Описаны подходы и принципы интеграции бортовой аппаратуры. Разработана математическая модель массы космического аппарата с учетом интеграции. При интеграции элементов БА в единый конструктив за основу принимается конструктив наиболее подходящего прибора. Таким образом масса многофункционального прибора, полученного в результате интеграции, может быть приближенно определена как сумма масс всех приборов, спроектированных в отдельности, за исключением массы конструкции тех приборов, которые были интегрированы в конструктив выбранного основного прибора:

$$m_{\text{МФП}} = \sum_{i=1}^n (m_{\text{комп.}_i} + m_{\text{Констр.}_i}) - \sum_{j=1}^{n-1} m_{\text{Констр.}_j} = \sum_{i=1}^n m_{\text{комп.}_i} + m_{\text{Констр.}_m},$$

где $m_{\text{Комп.}_i}$ – масса компонентов i -го прибора, за исключением конструкции; $m_{\text{Констр.}_i}$ – масса конструкции i -го прибора; $m_{\text{Констр.}_m}$ – масса конструкции основного прибора.

$$k_{\text{Инт}} = 0,65 \cdot \sum_{i=1}^n ut_i,$$

ut_i – удельная масса i -го прибора; n – количество приборов, интегрируемых друг с другом.

При унификации блоков и элементов БА в конструкцию и монтажную схему можно перечислить следующие требования к конструкции БА:

- использование единых стандартов геометрии;
- использование прогрессивных технологий изготовления БА;
- применение прогрессивных конструкционных и теплозащитных материалов.

В данном случае унификация распространяется на разработку типовых конструкций или технологических процессов на основе общих для ряда приборов БА технических характеристик.

При интеграции бортовой аппаратуры в конструкцию объём отсека УМКП делится на четыре части [1]:

$$V_{\text{Отсека}} = V_{\text{Униф}} + V_{\text{Неуниф}} + V_{\text{БКС}} + V_{\text{Свободн.}}$$

где $V_{\text{Униф}}$ – объём, занимаемый унифицированной БА, собранной в пакет; $V_{\text{Неуниф}}$ – объём, занимаемый неунифицированной БА; $V_{\text{БКС}}$ – объём, занимаемый бортовой кабельной сетью (БКС); $V_{\text{Свободн.}}$ – свободный объём отсека спутника, зависящий от плотности компоновки;

$$V_{\text{Униф}} = \frac{m_{\text{БА}} \cdot k_{\text{Униф}}}{\rho_{\text{БА}}^{\text{Униф}}}; \quad V_{\text{Неуниф}} = \frac{m_{\text{БА}} \cdot (1 - k_{\text{Униф}})}{\rho_{\text{БА}}}; \quad V_{\text{БКС}} = \frac{m_{\text{БКС}}^{\text{Униф}} + m_{\text{БКС}}^{\text{Неуниф}}}{\rho_{\text{БКС}}};$$

где $m_{\text{БА}}$ – масса БА; $\rho_{\text{БА}}^{\text{Униф}}$ – плотность унифицированной БА; $\rho_{\text{БА}}^{\text{Неуниф}}$ – статистическая плотность неунифицированной БА; $\rho_{\text{Констр}}$, $\rho_{\text{БКС}}$, $\rho_{\text{БА}}$ – соответственно статистические значения плотностей конструкции, БКС и БА; $m_{\text{БКС}}^{\text{Униф}}$, $m_{\text{БКС}}^{\text{Неуниф}}$ – соответственно массы БКС между унифицированной и неунифицированной системами, которые определяются с использованием статистических коэффициентов относительно суммарной массы унифицированной и неунифицированной БА;

$$\rho_{\text{БА}}^{\text{Униф}} = \begin{cases} \rho_{\text{БА}}, & \text{если } h_{\text{Мод}}^i = \text{var}; \\ f(m_{\text{БА}}^i), \quad i = [1, \dots, n], & \text{если } h_{\text{Приб}}^i = k \cdot h_{\text{Приб}}^{\text{min}}, \quad k = [1, \dots, l]; \end{cases}$$

где n – количество унифицированных приборов БА; l – количество интегрируемых систем.

Масса БА в первом приближении является функцией массы МКА и коэффициента унификации $k_{\text{Униф}}$:

$$m_{\text{БА}} = f(m_{\text{МКА}}, k_{\text{униф}}) = m_{\text{БА}}^{\text{Униф}} + m_{\text{БА}}^{\text{Неуниф}},$$

где $k_{\text{униф}} = [0, \dots, k_{\text{униф}}^{\text{max}}]$; $m_{\text{БА}}^{\text{Униф}}$ – масса унифицированной БА; $m_{\text{БА}}^{\text{Неуниф}}$ – масса неунифицированной БА; $k_{\text{униф}}^{\text{max}} = \frac{m_{\text{БА}}^{\text{Инт}}}{m_{\text{МКА}}}$ – максимальное значение коэффициента унификации.

Согласно принципу интеграции модули бортовых систем группируются в пакеты, устанавливаются между противоположными гранями корпуса УМКП, которые называются «гранями интеграции» [1].

При унификации интерфейсов связи БА между собой должно быть реализовано применение единого стандарта интерфейса коммуникации, используемого для подключения смежной БА к каналам ввода или вывода. При этом все параметры интерфейса отвечают предварительным соглашениям и широко используются в другой БА. При наличии на борту БА, поддерживающей информационное взаимодействие с использованием разных протоколов, требуется создание специальных преобразователей протоколов.

При включении конструкции отдельной БА в несущую конструкцию МКА или конструкцию другой БА обеспечивается высокая прочность и теплопередача.

Библиографический список

1. Сафронов, С.Л. – Разработка методики проектирования универсальных платформ малых космических аппаратов научного назначения [Текст]: дис. канд. техн. наук: защищена 27.12.12; утв. 20.05.13/Сафронов Сергей Львович. – Самара, 2012. – 140 с.