

УДК 62

## **Проектирование космического аппарата для обеспечения астероидной безопасности Земли**

*Коваль О.А., студент  
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,  
Аэрокосмический факультет, кафедра «Аэрокосмические системы»*

*Научный руководитель: Журавлёв Е.И., к.т.н., доцент  
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана  
[bauman@bmstu.ru](mailto:bauman@bmstu.ru)*

В современном мире часто происходят катастрофы различного характера. Одна из них — падение малых тел Солнечной системы на Землю. Данные тела принято подразделять, в зависимости от размеров и свойств, на межпланетную пыль, метеороиды, астероиды и кометы. Сближение малых объектов с Землёй не представляет угрозы для человечества. Реальную опасность представляют более крупные космические тела, размер которых может достигать десятков и сотен метров.

Ещё совсем недавно о столкновениях с малыми телами Солнечной Системы можно было узнать только из разного рода публикаций. Например, всем хорошо известны: Тунгусский метеорит (1908 г.), Сихотэ-Алинский метеорит, вызвавший метеоритный дождь (1947 г.), Мурчисонский метеорит, содержащий большое количество органических соединений, (1969 г.). И это далеко не полный перечень упавших на Землю тел только за последние сто лет. А совсем недавно весь мир стал свидетелем падения Челябинского болида. Это событие стало неожиданностью для всех и заставило всерьёз задуматься о создании средства защиты от нависшей угрозы.

По длительности интервала между моментом обнаружения и моментом прогнозируемого столкновения, можно выделить два вида опасности:

1. опасный объект становится известен задолго до предполагаемого столкновения (от года до десятилетий),
2. опасный объект обнаруживается непосредственно при подлете к Земле (примерно за неделю или более перед столкновением).

Крупные тела могут быть обнаружены заранее (опасности первого вида). Более мелкие объекты вероятнее всего будут обнаружены при непосредственном сближении с Землей.

В соответствии с этим выделяются два способа предотвращения столкновений:

1. Без фрагментации — осуществление корректировки орбиты тела для обеспечения пролета мимо Земли.

2. С фрагментацией — посредством быстрого ударно-волнового разрушения опасного тела на мелкие частицы и уноса его фрагментов с достаточно высокой скоростью на безопасные расстояния от Земли.

Необходимо отметить, что при позднем обнаружении потенциально опасного объекта (ПОО) способ предотвращения столкновения с фрагментацией — единственно возможный. Мониторинг космического пространства ведётся постоянно. Но, к сожалению, на данном этапе нам известно не более 15% всех малых тел. Из них наиболее опасным является астероид Апофис.

Проблема АКО признаётся мировым сообществом. Ведутся теоретические исследования в отраслевых институтах, каталогизируются потенциально опасные объекты, определяются их траектории, параметры их орбит. Рассматриваются различные способы противостояния угрозе из космоса. Среди них выделяют основные: взрывной метод, кинетический удар, лазерное воздействие, солнечный парус, сублимационный метод. Универсальным методом воздействия считается использование ядерного взрыва.

В нашей стране была создана экспертная группа по проблеме АКО, в которую вошли научно-исследовательские институты, университеты и машиностроительные предприятия. Представителями этой группы регулярно проводятся семинары и конференции, на которых обсуждаются различные теоретические вопросы. Например, химический состав астероидов, способы воздействия ядерных устройств на потенциально опасный объект и другие. Но на данном этапе остаётся незавершённым вопрос проектирования космического аппарата, который обеспечит защиту Земли в случае приближающейся опасности.

Исходя из требований астероидной безопасности, сформулируем требования к космическому аппарату:

1. обеспечение транспортировки КА с опорной орбиты на рабочую орбиту;
2. обеспечение непрерывного боевого дежурства КА на рабочей гелиоцентрической орбите;

3. обеспечение возможности доставки ядерного боеприпаса в расчётную точку пространства для уничтожения или изменения параметров траектории потенциально опасного небесного тела.

КА предназначен для непрерывного отслеживания потенциально опасных астероидов и устранения возможного их столкновения с Землёй. Аппарат функционирует в дежурном режиме на гелиоцентрической орбите продолжительное время. С помощью гамма-высотомера КА отслеживает ПОО. Как только получен сигнал о приближении астероида, КА начинает осуществлять манёвр по сближению с ПОО с целью устранения опасности. Основная функция КА выполняется средствами ядерного заряда.

Конструкция и служебные системы КА должны обеспечивать в течение заданного срока службы требуемые условия для хранения и функционирования средств бортового комплекса с заданными характеристиками.

Участки работы КА представлены на рис.1.

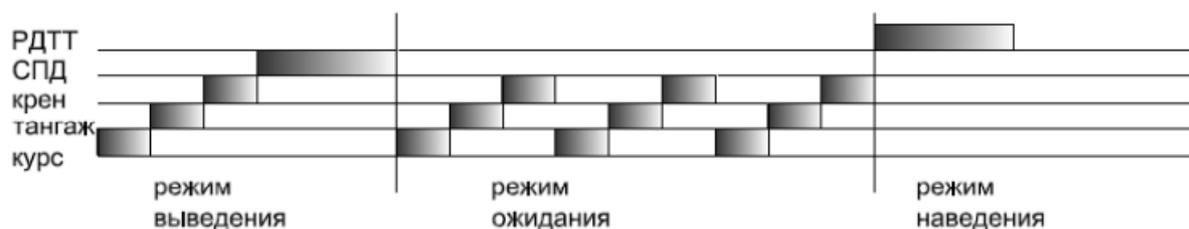


Рис. 1. Циклограмма работы КА

1. Перелёт с опорной орбиты на рабочую с помощью ЭРД.
2. Работа КА на гелиоцентрической орбите. Стабилизация в режиме ожидания.
3. Перелёт КА с рабочей орбиты к точке встречи с ПОО.

КА выводится на целевую орбиту ракетой – носителем «Ангара-1.1».

КА состоит из трёх отсеков:

1. Отсек служебных систем
2. Переходной отсек
3. Отсек полезной нагрузки

Бортовой комплекс управления КА, представленный в отсеке служебных систем, включает в себя совокупность аппаратных средств с информационным и математическим обеспечением и предназначен для решения задач управления движением КА на орбите и функционированием служебного оборудования и БРК на всех этапах и подготовки и эксплуатации КА.

БКА представляет собой централизованно распределенную структуру бортовых систем, таких как:

- бортовая цифровая вычислительная система (БЦВС);
- система управления бортовой аппаратурой (СУБА);
- система управления движением и навигации (СУДН);
- бортовая аппаратура служебного канала управления (БА СКУ);
- система бортовых измерений (СБИ).

Бортовой комплекс управления реализует следующие основные функции:

- построение и поддержание ориентации связанных осей КА относительно орбитальной системы координат с использованием информации от прибора астроориентации БОКЗ в основном варианте;

- построение и поддержание ориентации связанных осей КА относительно орбитальной системы координат с использованием информации от одноосных измерителей угловой скорости ОИУС, солнечного датчика БОКС и датчика БОКЦ в качестве функционального резерва;

- построение и поддержание начальной ориентации КА, в которой заданная ось совмещается с направлением на Солнце с использованием информации от ОИУС, БОКС и датчиков тока СЭС;

- выполнение программных разворотов;

- проведение прогноза текущих навигационных параметров;

- сбор, квитирование, хранение, обработка и распределение командной информации служебного канала управления;

- передача на НКУ в составе телеметрического кадра отчётной информации о выполнении заданного режима, диагностической информации о состоянии бортовых систем, а также информации оперативного контроля;

- в случае разрыва связи с НКУ – накапливание аварийной и командной ТМ – информации в течение не менее 15 минут с последующей передачей её на НКУ;

- управление и контроль состояния служебных бортовых систем;

- установка панелей солнечных батарей в заданное положение и ориентация панелей на Солнце;

- коммутация первичного напряжения и передача его потребителям;

- начальное включение и реконфигурация средств управления БЦВС и БА СКУ;

- приём, обработка и распределение командной информации служебного канала управления, в том числе разовых команд для парирования нештатных ситуаций;

- контроль и управление аппаратурой БРК;

- контроль, диагностика КА и его служебных систем, обнаружение, локализация и парирование расчетных нештатных ситуаций в автоматическом режиме или автоматизированном режиме с участием НКУ;
- контроль, диагностика БРК, обнаружение, локализация и парирование расчетных нештатных ситуаций в автоматизированном режиме с участием НКУ;
- исключение возможности несанкционированного подключения дополнительной нагрузки на участке выведения в автоматическом режиме;
- управление работой КА при автономном функционировании в течение не менее 2 суток с обеспечением выполнения требований по целевому функционированию КА;
- управление разделением и отделением КА – 1 от КА – 2 в нештатной ситуации по командам НКУ;
- сопряжение с наземным испытательным оборудованием при наземных испытаниях.

Переходной отсек связывает отсек служебных систем с отсеком полезной нагрузки. Его форма определяется габаритами вышеперечисленных отсеков.

Корпус КА образован стержневой конструкцией, на которой закреплены сотовые панели. Данная конструкция обладает высокими параметрами жёсткости и удельной прочности, вибростойкостью, хорошими тепло- и звукоизоляционными свойствами. Несущие слои, подкрепленные заполнителем, воспринимают высокие напряжения сжатия, иногда превышающие предел упругости материала.

Сотовые конструкции являются типичными представителями слоистых панелей. Они представляют собой в общем случае конструкцию, состоящую из несущих слоев, сотового заполнителя, расположенного между ними, и различных элементов каркаса, например таких, как окантовки, законцовки, накладки и т. д. Типовая структура слоев трехслойной сотовой панели представлена на рис.2.

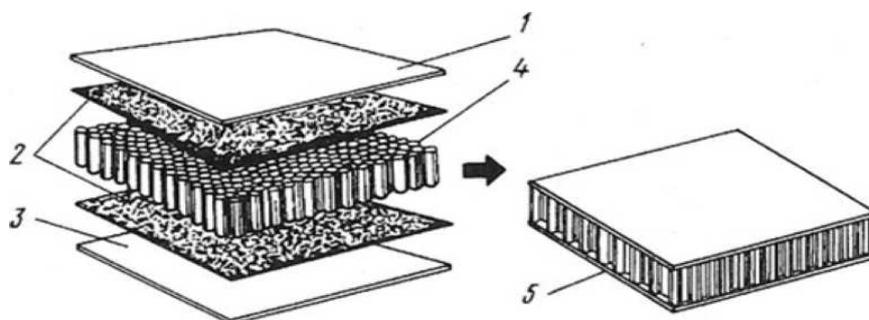


Рис.2. Структура слоев трехслойной панели:

- 1 - верхняя обшивка; 2 - клеевые пленки; 3 - сотовый заполнитель; 4 - нижняя обшивка; 5 - трехслойная панель в сборе

Система энергопитания представлена тремя солнечными батареями. Они выполнены в виде раскрывающихся конструкций. Основное требование к их размещению — постоянная ориентация на Солнце, непопадание раскрытой батареи в зону обзора оптоэлектронных приборов и рабочие зоны антенн и двигателей.

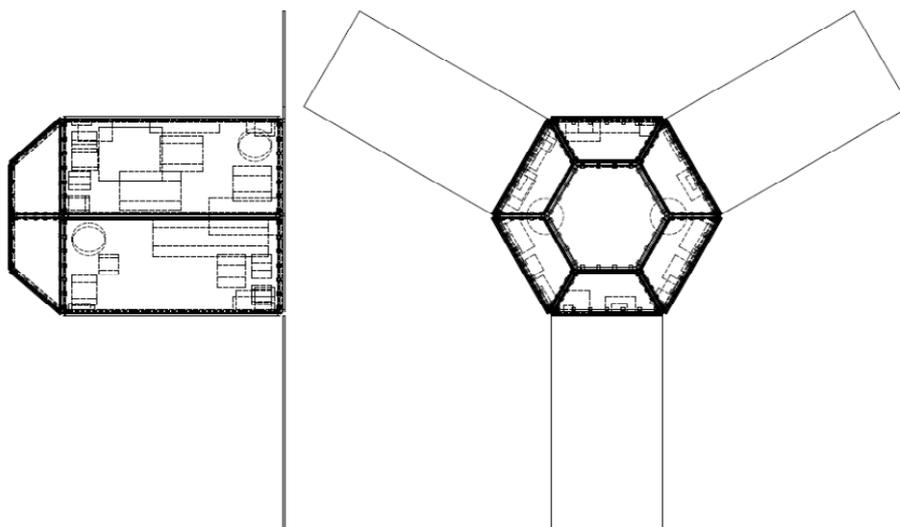


Рис. 3. Внешний вид космического аппарата

Конструкция солнечной батареи состоит из подложки, на которой устанавливаются солнечные элементы, межэлементные соединения, силовые конструкции механизма раскрытия и системы ориентации.

Двигательная установка (ДУ) состоит из восьми электроракетных тяговых модулей (ТМ) и двенадцати газовых двигателей без подогрева рабочего тела. ТМ предназначены для управления движением КА на этапе перевода в рабочую точку (РТ) стояния и в процессе удержания его в ее окрестности на всем периоде эксплуатации. Газовые двигатели предназначены для создания и гашения угловых скоростей при начальном построении ориентации, а также в нештатных ситуациях, требующих восстановления ориентации и/или разгрузки маховиков. Также в конструкции имеется ракетный двигатель твёрдого топлива (РДТТ), с помощью которого осуществляется перелёт с рабочей орбиты к астероиду. Данный двигатель располагается в отсеке служебных систем. Конструкция КА представлена на рис. 3.

#### Список литературы

1. Шустов Б.М., Рыхлова Л.В. Астероидно-кометная опасность: вчера, сегодня, завтра. М.: Физматлит, 2010. 383 с.
2. Туманов А.В., Зеленцов В.В., Щеглов Г.А. Основы компоновки бортового оборудования космических аппаратов. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. 341 с.

3. Беяев А.В., Зеленцов В.В., Щеглов Г.А. Средства выведения КЛА: учеб. пособие. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. 156 с.
4. Гришин С.Д., Лесков Л.В. Электрические ракетные двигатели космических аппаратов. М.: Машиностроение, 1989. 216 с.