

Проектный анализ космического аппарата для обеспечения астероидной безопасности земли

09, сентябрь 2014

Журавлёв Е. И., Коваль О. А.

УДК: 629.7

Россия, МГТУ им. Н.Э. Баумана

ksushenka17@mail.ru

В настоящее время проблема астероидно-кометной опасности (АКО) напоминает о себе всё чаще. 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.

Следует понимать, что не все малые планеты представляют угрозу столкновения с Землёй. Некоторые из них слишком малы, и при сближении с нашей планетой благополучно сгорают в её атмосфере. Но существуют и другие небесные тела, которые достигают размеров десятков и сотен метров. Сближение Земли с одним из таких тел может спровоцировать развитие катастрофических последствий на нашей планете, в том числе полностью уничтожить её биосферу.

Очевидно, что подобный сценарий развития событий является нежелательным. В связи с этим возникла необходимость разработки средства защиты от потенциально опасного объекта (ПОО).

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 асте-

роидов, способы воздействия ядерных устройств на потенциально опасный объект и другие. Но на данном этапе остаётся незавершённым вопрос проектирования космического аппарата (КА), 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 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 рабочей орбите продолжительное время. С помощью гамма-лучевого излучателя 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.

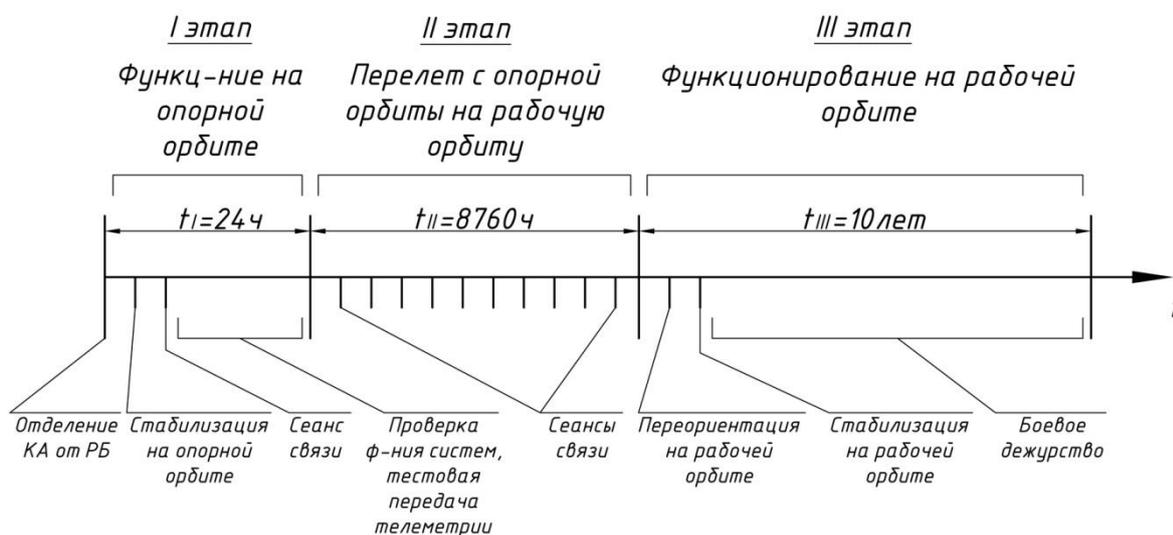


Рис.1. Циклограмма работы КА

1. Перелёт с опорной орбиты на рабочую с помощью плазменных двигателей.
2. Функционирование КА на рабочей 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 (БКА) 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 бортового ретрансляционного комплекса (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 – накопление 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;
- 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 наполнителем, 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 наполнителя, расположенного между ними, и различных элементов каркаса, например таких, как окантовки, законцовки, накладки и т. д.

Система энергоснабжения 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.

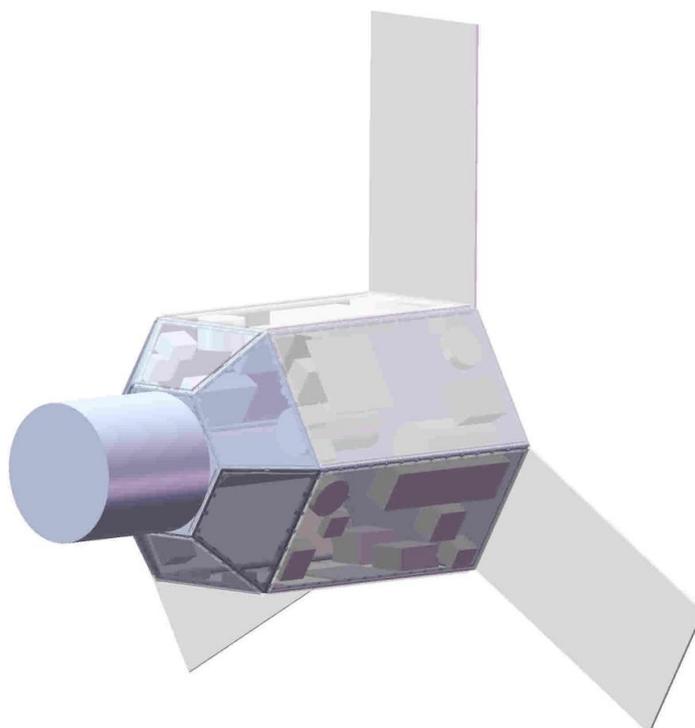


Рис.2. Модель КА

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 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. Для обеспечения перелёта КА с рабочей орбиты к астероиду выбран ракетный двигатель твёрдого топлива (РДТТ). Данный двигатель располагается в отсеке служебных систем. Конструкция КА представлена на рис.3.

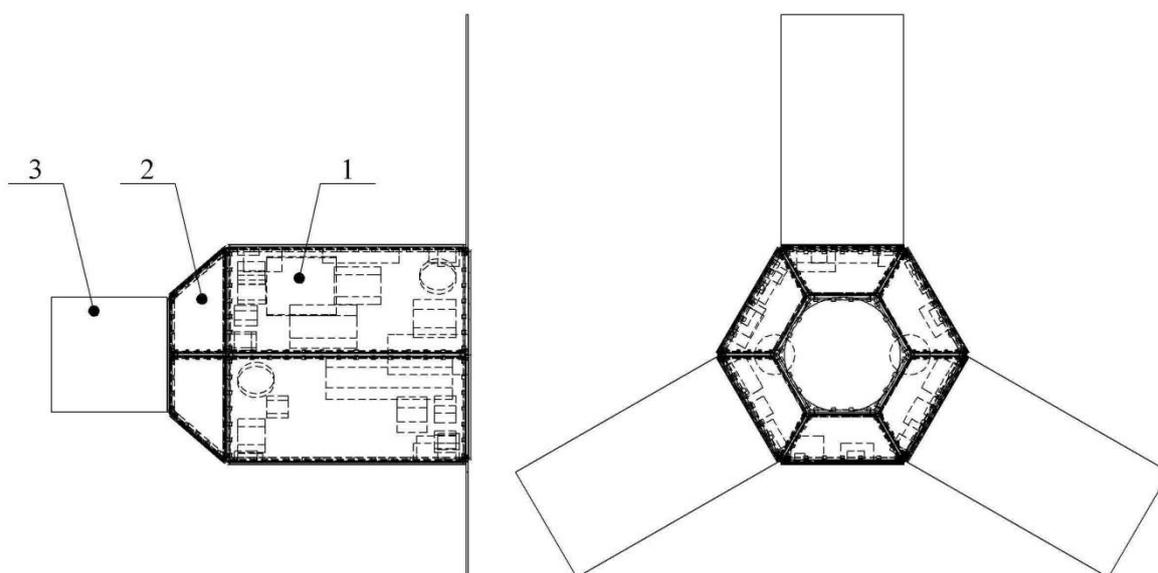


Рис.3. Общий вид КА

1. отсек служебных систем, 2- переходной отсек, 3- отсек полезной нагрузки

Список литературы

1. Шустов Б.М., Рыхлова Л.В. Астероидно-кометная опасность: вчера, сегодня, завтра - М.: Физматлит, 2010. - 383 с.
2. Сазонов В.С Инженерные оценки действия взрыва на опасные околоземные объекты. Альтернативные концепции // Семинар ИНАСАН «Астероидно-кометная опасность» (Москва, 20 марта 2013 г.)
3. Беляев А.В., Зеленцов Вл.В., Щеглов Г.А. Средства выведения космических летательных аппаратов – М., МГТУ им.Н.Э. Баумана, 2007. – 52 с.

4. Официальный сайт Института Прикладной Астрономии РАН (ИПА РАН)
<http://www.ipa.nw.ru>
5. Российского Федерального Ядерного Центра – Всероссийского научно-исследовательского института технической физики имени академика Е.И. Забабахина (далее РФЯЦ – ВНИИТФ) <http://www.vniitf.ru>

Список используемых сокращений

АКО – астероидно-кометная опасность
ПОО – потенциально опасный объект
КА – космический аппарат
БКА – блок космических аппаратов
БРК – бортовой ретрансляционный комплекс
БЦВС – бортовая цифровая вычислительная система
СУБА – система управления бортовой аппаратурой
СУДН – система управления движением и навигацией
СБИ – система бортовых измерений
БА СКУ - бортовая аппаратура служебного канала управления
БОКЗ – блок определения координат звезд
БОКС – блок определения координат Солнца
ОИУС – одноосные измерители угловой скорости
СУДН – система управления движением и навигацией
СЭС – система энергоснабжения
ТМ – тяговый модуль
ДУ – двигательная установка
РДТТ – ракетный двигатель твёрдого топлива