

– разработан и внедрен механизм, позволяющий осуществлять печать подлинников технических документов непосредственно на рабочих местах, не дожидаясь рассылки в бумажном виде из архива;

– вместо рассылки документов в бумажном виде система автоматически информирует пользователя о выходе новой версии распечатанного ранее документа;

– разработан механизм, позволяющий осуществлять в электронном виде обмен проектной документацией между предприятиями. Предприятие – держатель подлинника передает комплект конструкторской документации в электронном виде предприятию-изготовителю. Предусмотрена возможность передачи документов в зашифрованном виде. В комплект передаваемых файлов входят удостоверяющий лист документа, файл – подлинник электронного технического документа, файл реквизитов передаваемого документа в структурированном виде (формат XML), файл – сравнение с предыдущим изменением. Обратно при необходимости в таком же формате передаются предварительные извещения. При выпуске новых извещений об изменениях системой проставляются отметки о погашении предварительных извещений.

По состоянию на март 2015 г. отправка отдельных конструкторских документов в электронном виде осуществляется на следующие предприятия: ФГУП «РКЦ «Прогресс» (г. Самара), АО «ИСС» (г. Железногорск), ОАО «ГРЦ им. академика В.П. Макеева» (г. Миасс), ОАО «ОКБМ Африкантов» (г. Н. Новгород), ОАО «ЦКБМТ «Рубин» (г. Санкт-Петербург), ООО «НТК «Криогенная техника» (г. Омск) и ОАО «НПО «Гидромаш» (г. Москва). На ФГУП «ПО «Октябрь» (г. Каменск-Уральский), в АО «ИСС» (г. Железногорск) и в ОАО «БЭМЗ» (г. Бердск) проведены работы по установке АСУ ИДиП и передаче в электронном виде всего комплекта документации на изделие.

Благодаря разработанной в НПЦ «Полюс» АСУ ИДиП на всех этапах жизненного цикла изделия создан полноценный архив электронных подлинников. Как следствие, появилась возможность существенно повысить эффективность и качество разрабатываемых на предприятии изделий. Заложенные в АСУ ИДиП механизмы позволяют развивать начатый проект на приборостроительных и машиностроительных предприятиях до уровня отраслевого решения.

#### Список литературы:

1. Концепция информатизации Роскосмоса, утверждена 01.03.2010 / Федеральное космическое агентство. URL: <http://www.federalspace.ru/main.php?id=13&did=928&print=1> (дата обращения: 01.09.2014).

2. Алексеев В.П., Коблов Н.Н., Хрулев Г.М. Современные технологии автоматизации проектирования РЭА специального назначения. Томск : Изд-во Ин-та оптики атмосферы СО РАН, 2003.

3. Коблов Н.Н. Разработка и внедрение автоматизированной системы управления инженерными данными // Электронные и электромеханические системы и устройства : тез. докл. XVIII науч.-техн. конф. (Томск, 22–23 апр. 2010 г.). Томск : Печатная мануфактура, 2010. С. 228–230.

### **Наземный комплекс управления малым космическим аппаратом**

Шевнин Е.А.

Научный руководитель: Костюченко Т.Г., к.т.н., доцент кафедры ТПС  
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30  
E-mail: shevnin92@mail.ru

В феврале 1994 г. в интервью газете «Мегаполис-Экспресс» академик М.Ф. Решетнев отмечал, что во всем мире заметна тенденция к использованию малых низкоорбитальных

спутников связи. Это объясняется, во-первых, их невысокой стоимостью, во-вторых, тем, что при наличии таких спутников потребитель будет пользоваться простыми, дешевыми терминалами.

Целью работы является сформировать общее представление о наземном комплексе управления малого космического аппарата.

Объект исследования, наземный комплекс управления – это совокупность взаимосвязанных технических средств с информационным и математическим обеспечением центра управления полетом космических аппаратов, предназначенных для управления космическим аппаратом с момента его вывода на орбиту.

Значимость данной работы тесно связана с разработкой и запуском в 2016 году научно-исследовательским томским политехническим университетом малого спутника CubeSat. CubeSat – формат малых искусственных спутников Земли, представляющих собой один куб (или несколько), объемом 1 литр каждый, и массой приблизительно 1-3 кг. Начиная с июня 2003 по февраль 2012 года была запущено более 60 университетских и государственных спутников CubeSat [1].

### **Важность наземного комплекса управления**

В любом космическом проекте важной составляющей является наземный сегмент, включающий в себя наземный комплекс управления. Наземный комплекс управления космическим аппаратом в процессе управления обеспечивает выполнение следующих задач:

- проведение начальных режимов ориентации космического аппарата после отделения от ракеты-носителя и проведение начальных проверок бортовой аппаратуры;
- перевод космического аппарата в заданную точку орбиты;
- проведение сеансов радиоконтроля орбиты и коррекции орбиты космического аппарата
- проведение сеансов управления, состоящих из выдачи разовых команд и закладки на борт космического аппарата командно-программной информации для управления бортовой аппаратурой и бортовым программным обеспечением;
- проведение сеансов приема телеметрической информации, определение работоспособности и параметров работы бортовой аппаратуры;
- прием с борта сигнала "Вызов наземного комплекса управления" в случае возникновения на космическом аппарате нештатной ситуации, неустраняемой автономно самим космическим аппаратом, и проведение необходимых операций по анализу и устранению причин неисправности;
- проведение регламентных работ с космическим аппаратом;
- обеспечение информационного обмена между элементами наземного комплекса управления и взаимодействие наземного комплекса управления с привлекаемыми комплексами и службами, в том числе со структурно не входящими в состав наземного комплекса управления [2].

### **Отличие наземного комплекса управления малого космического аппарата от наземного комплекса управления для крупногабаритных космических аппаратов**

Средства наземного комплекса управления малого космического аппарата, в отличие от крупногабаритных космических аппаратов, ориентированы на малое количество объектов управления или группировку малых космических аппаратов. Это означает, что масштабы организации наземного комплекса управления малого космического аппарата сравнительно не велики. Требования к наземному комплексу управления малого космического аппарата по точности систем, занимаемой оборудованим и персоналом площади, приему, обработки, отображения и архивирования телеметрической информации от малого космического аппарата будут ниже. Кроме того, операторы не обязаны быть специалистами в области современной вычислительной или измерительной техники для участия в управлении полётом малого космического аппарата. Ещё одним фактором смягчения требований к операторам, а

также отличительной особенностью наземного комплекса управления малого космического аппарата, является полная автоматизация управлением малым космическим аппаратом, т.е. автономная работа систем, помимо возникновений нештатных ситуаций, когда требуется вмешательство человека в работу систем.

### Управление наземным комплексом управления

С точки зрения управления при штатной эксплуатации космического аппарата основным режимом является режим автономного контроля и управления. Его суть заключается в том, что бортовой комплекс управления контролирует работоспособность бортовой системы космического аппарата и по результатам этого контроля оптимизирует ее работу или устраняет нештатную ситуацию. При этом роль наземного комплекса управления сводится к следующим действиям:

- контролю параметров систем космического аппарата;
- периодическому проведению измерений и прогнозированию движения космического аппарата;
- учету отказов аппаратуры космического аппарата и прогнозированию его работы.

### Возможные способы управления для малого космического аппарата Томского политехнического университета

Управление полетом малого космического аппарата Томского политехнического университета может быть основан на платформе, в состав которой входят два модуля: трансивер и программируемый усилитель. Так как предполагаемый к запуску космический аппарат принадлежит учебному заведению, то частоты для связи с ним будут выбраны из открытого диапазона. Для отслеживания спутника планируется использовать поворотные устройства для антенны. Данная автоматизированная система является рабочим местом оператора, причем оператор может находиться как непосредственно за рабочим местом, так и удаленно управлять системой по локальной сети, или через Интернет с другого компьютера, телефона или планшета. На рис. 1 представлена структурная схема наземного комплекса управления малого космического аппарата.

Модульность платформы и открытость программного обеспечения должны будут позволять в дальнейшем модифицировать систему с целью ее улучшения, масштабирования, а также применения ее для иных задач, если это потребуется.



Рисунок 1 – Структурная схема наземного комплекса управления малого космического аппарата

В заключении следует отметить, что наземный комплекс управления малого космического аппарата является сложной системой управления космическим аппаратом независимо от масштабов планируемых запусков и полётов. Наземный комплекс управления функционирует в период орбитального полета космического аппарата от момента отделения его от ракеты-носителя до прекращения активного существования. Для обеспечения штатного функционирования космического аппарата на орбите в течение заложенного на этапе проектирования срока, необходим постоянный контроль параметров бортовой аппаратуры космического аппарата. Своевременная корректировка программ полёта, выполненная на основе проанализированных телеметрических данных, продлевает жизнь космического аппарата на орбите.

Список литературы:

1. Проект cubesat.ru [Электронный ресурс] – URL: <http://www.cubesat.ru/ru/cubesats.html>, режим доступа - свободный. – Загл. с экрана.
2. НПО ПМ: центр управления полетами [Электронный ресурс] – URL: <http://www.telesputnik.ru/archive/10/article/28.html>, режим доступа - свободный. – Загл. с экрана.

### **Оценка эффективности выведения космического аппарата на заданную орбиту комбинированным методом**

Яковлев А.В., Внуков А.А., Баландина Т.Н., Пац А.А.  
АО «Информационные спутниковые системы» им. М.Ф. Решетнёва  
662972, Красноярский край, г. Железногорск, ул. Ленина, 52  
E-mail: [error.balandina@yandex.ru](mailto:error.balandina@yandex.ru)

Исторически, для выведения геостационарных космических аппаратов, разработанных в России, широкое применение нашли ракеты-носители (РН), эксплуатирующиеся совместно с разгонным блоком, способным осуществить необходимые манёвры для перевода КА с геопереходной на геостационарную орбиту. Однако, возросшая за последнее время конкуренция между производителями ракет-носителей, в частности, успешная эксплуатация сравнительно недорогой РН Falcon-9 и планы по созданию РН Ariane-6, также, предположительно, обладающей низкой стоимостью, ведёт к увеличению интереса потенциальных заказчиков спутников к ракетам, выводящим полезную нагрузку на геопереходную орбиту с низким перигеем. Такая схема требует от КА наличия собственной апогейной двигательной установки (АДУ), используемой для перевода (довыведения) спутника с геопереходной на рабочую орбиту. Это, в свою очередь, не позволяет космическим аппаратам, не имеющим собственной АДУ, успешно конкурировать на мировом рынке. Поэтому перед отечественными разработчиками геостационарных спутников стоит задача обеспечить переход с орбиты с низким перигеем на геостационарную орбиту силами собственных двигателей космического аппарата.

Традиционное для зарубежных КА использование для довыведения АДУ с двухкомпонентным химическим двигателем на монометилгидразине и смеси оксидов азота не является эффективным решением с точки зрения стартовой массы КА: в зависимости от РН и точки старта, масса топлива для довыведения на геостационарную орбиту (ГСО) может составлять до 50% от стартовой массы КА. В то же время, малая тяга электрореактивных двигателей с большим удельным импульсом многократно увеличивает время довыведения спутника, а также время нахождения КА в зоне внутреннего радиационного пояса Земли, что предъявляет повышенные требования по радиационной защите оборудования полезной нагрузки и служебных систем, в особенности панелей солнечных батарей. С этим