

# Опыт разработки ситуационного центра для решения задач радиоконтроля в диапазонах частот спутниковых служб



*Гриценко Андрей Аркадьевич,  
Генеральный директор, ИКЦ «Северная Корона»*

## Аннотация

Для повышения эффективности применения системы радиоконтроля в диапазонах частот спутниковых служб по своему целевому назначению необходимо и целесообразно задействовать специализированный ситуационный центр, обеспечивающий полное ситуационное понимание и поддержку принятия решений на всех этапах решения задач радиоконтроля. Об опыте разработки такого ситуационного центра и пойдет речь в данном материале.

## Актуальность задействования ситуационного центра

Одной из основных задач радиоконтроля (РК) является выполнение мероприятий по контролю за излучениями космических станций (КС), развернутых в околоземном космическом пространстве. Безусловным приоритетом является выполнение этих мероприятий применительно к КС, развернутым на геостационарной орбите (ГСО) в диапазонах частот фиксированной, подвижной и радиовещательной спутниковых служб (в том числе в рамках мероприятий по защите орбитально-частотного ресурса Российской Федерации на ГСО).

При этом необходимо решать, в том числе, следующие задачи:

- просмотр доступной с места расположения станции РК дуги ГСО и документирование всех излучений;
- проверка соответствия параметров излучения требованиям Регламента Радиосвязи (РР) и национальной нормативной базе;

- проверка соответствия положения космических станций на ГСО требованиям РР и международному справочному регистру частот (МСРЧ) Бюро радиосвязи (БР) МСЭ;

- поиск «бумажных» спутников;
- поиск и идентификация источников помех и др.

Решение указанных задач, как правило, связано с необходимостью обработки больших объемов данных, которые в исходном виде могут быть представлены в разных форматах (таблицы, графики, карты и т.д.), в разных формах (базы данных, файлы и т.д.) и даже быть территориально распределенными. Для обработки этих данных необходимо использовать верифицированные модели, а результаты обработки необходимо представлять в наиболее удобном для оператора виде.

Поэтому, для повышения эффективности целевого функционирования системы радиоконтроля в диапазонах частот спутниковых служб необходимо не просто повышать степень автоматизации отдельных процессов и не только прорабатывать системы поддержки принятия решений. Необходимо включать в состав системы специализированный ситуационный центр,

обеспечивающий полное ситуационное понимание и поддержку принятия решений на всех этапах решения задач РК.

## Платформа ситуационного центра

Ситуационный центр (СЦ) обеспечивает получение, обработку и представление в наиболее удобном виде разнородной информации, необходимой для ситуационного понимания текущих, прошедших и будущих процессов в околоземном космическом пространстве с точки зрения функционирования системы радиоконтроля.

В качестве платформы ситуационного центра был выбран программный комплекс «Спутниковые технологии», так как в его базовом варианте были реализованы важные для этого класса задач возможности. В частности:

- наличие частного каталога всех околоземных ИСЗ (более 40 тыс.), включающего, в том числе, историю изменения баллистических данных;
- возможность оперативного обновления каталога в режиме online через сеть Internet по данным каталога NORAD;
- оперативный прогноз движения как одного, так и всей группировки ИСЗ из частного каталога;
- оперативный анализ изменения состояния орбитальных группировок, изменение дислокации космических аппаратов (КА) на ГСО;
- наличие пользовательской базы данных ИСЗ и наземных комплексов радиоконтроля;
- мощная графическая подсистема для преобразования и отображения информации в нужном формате в нужной проекции (на картах, в Космосе, в "луче" антенны и т.д.);
- легкая работа как в составе ноутбуков, так и в составе серверов с отображением информации на стене видеомониторов;
- развитый инструментарий специальной обработки данных;
- возможность интеграции в состав системы управления станцией радиоконтроля для визуализации текущей обстановки.

Экспериментальное развертывание и тестирование СЦ было проведено на станции радиоконтроля «Хабаровск» филиала ФГУП «РЧЦ ЦФО» в ДФО.

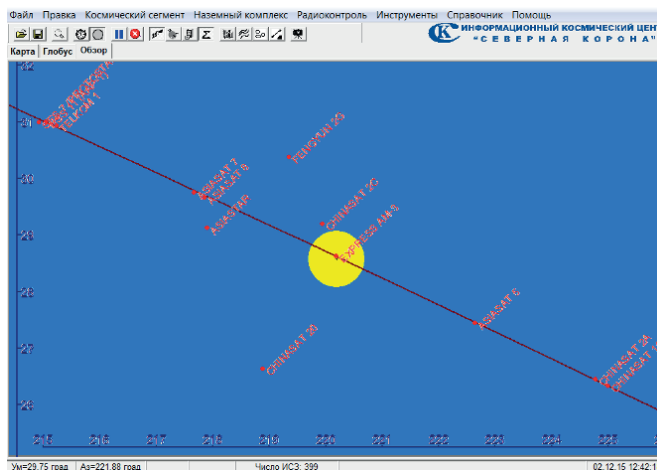


Рис.1 Информация на экране ситуационного центра



Рис.2 Антенная система в составе СЦ

### Интеграция ситуационного центра

Одним из основных режимов работы СЦ – отображение на экране ситуации что называется «в луче антенны». Луч диаграммы направленности в этом случае подобен подзорной трубе, заглянув в которую можно увидеть все космические объекты, находящиеся как в луче, так и в непосредственной близости от него. Пример отображения реальной обстановки на момент проведения наблюдений представлен на рис.1, где желтым цветом обозначен угловой раскрыв диаграммы направленности (по уровню минус 3 дБ), коричневая линия показывает положение дуги

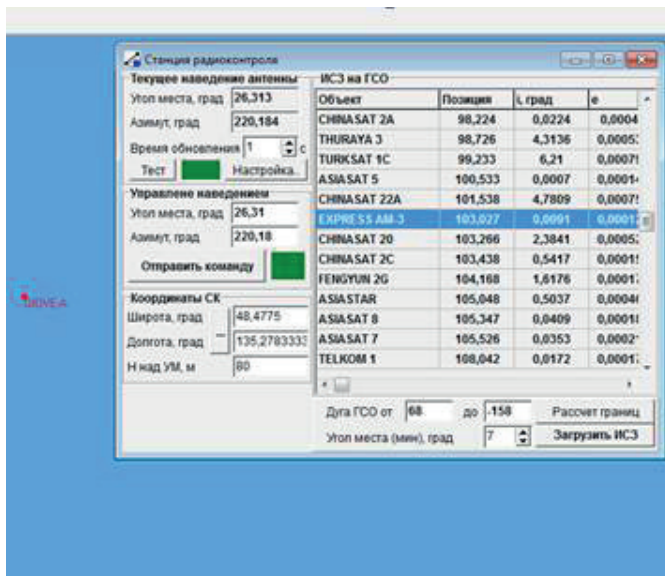


Рис.3 Панель оперативного поиска КА, подготовки и выдачи целеуказаний

идеальной ГСО, а красными точками – текущее размещение КА.

В качестве антенной системы в составе СЦ использовалась 7-и метровая антенная система (рис.2) производства ФГУП «РНИИРС».

На первом этапе был отработан режим обмена информацией между системой управления антенной и СЦ. В результате было достигнуто, что при изменении углового положения антенны интерактивно изменяется и картинка на экране, отображающая положение «луча» и близлежащие космические объекты (рис.1).

На втором этапе был отработан режим управления угловым положением антенны по командам из СЦ. Для этого был разработан специальный инструмент (рис.3), обеспечивающий оперативный поиск КА, подготовку и выдачу целеуказаний на наведение антенны с учетом его текущего пространственного положения.

Главная особенность – отображение списка доступных на момент проведения наблюдений КА, а также расчет данных целеуказания с учетом реального положения спутника в околоземном пространстве (выполняется прогноз положения КА на эпоху проведения измерений). Это гарантирует наведение антенны точно на спутник даже, если он существенно отклонился от своей позиции на ГСО.

На следующем этапе начались работы по отработке методик решения различных задач, непосредственно связанных с организацией радиоконтроля.

### Юстировка антенной системы

Одной из задач, в которой был задействован СЦ – это юстировка антенной системы контрольной станции (рис. 2) по ее диаграмме направленности. За основу был взят довольно простой метод юстировки по известным координатам положения КС на ГСО. С учетом функционала СЦ, данный метод заключается в следующем:

- в специальной вкладке программного интерфейса сохраняются точные данные об угловом положении юстируемой антенной системы контрольной станции;
- выбираются минимум три КС (спутника связи), находящиеся на равном и как можно большем удалении друг от друга;
- выбирается один из спутников и выполняется команда на расчет данных целеуказания на данный момент времени для последующего наведения антенной системы (здесь выполняется точный прогноз положения КС на эпоху);
- после установки антенны в заданном направлении, ее угловые координаты документируются;
- производится настройка антенной системы по максимуму принимаемого от выбранного спутника сигнала (желательно подстройку производить на более высоких частотах, где диаграмма направленности уже);
- вычисляется и документируется разница между расчётными и текущими угловыми направлениями на спутник.
- выполняем описанные процедуры применительно к каждому из оставшихся спутников.

В результате получаем три или большее число значений разницы угловых координат по азимуту и по углу места. Суть этих значений – методические и инструментальные ошибки, включающие случайную и систематическую со-

ставляющие. Учитывая, что ошибки юстировки вносят систематическую составляющую, а также предполагая, что случайные составляющие распределены по нормальному закону, для оценки значения ошибки юстировки можно вычислить среднее арифметическое значение разницы. В итоге мы имеем средние значения, так скажем, погрешностей первоначальной юстировки по азимуту и углу места.

Учитывая, что антенная система уже наведена по максимуму принимаемого сигнала от последнего спутника связи, то в настройках антенной системы делается поправка текущих координат наведения на величину полученного среднего значения разницы координат. В случае, если разница координат по всем спутникам одинаковая, то текущие координаты наведения на последний спутник связи просто заменяются на его расчётные, которые были задокументированы на одном из первых шагов.

Используя данный метод, можно проводить юстировку любых антенных систем, имеющих функцию внешнего управления.

### Поиск источников помех

Разработанный и развернутый СЦ уже в скором времени позволил решить одну из классических задач радиоконтроля – поиск и идентификация источников помех.

Так, во второй половине августа 2015 года земные станции спутниковой связи (ЗССС), принимающие сигналы одного из транспондеров С-диапазона КА «Экспресс-АМЗЗ», стали испытывать периодическое ухудшение качества связи, приводящее к потере связи на время от нескольких единиц минут до 20 минут. На анализаторах спектра отмечался плавный подъем мощности шума до уровня принимаемых полезных сигналов, а через

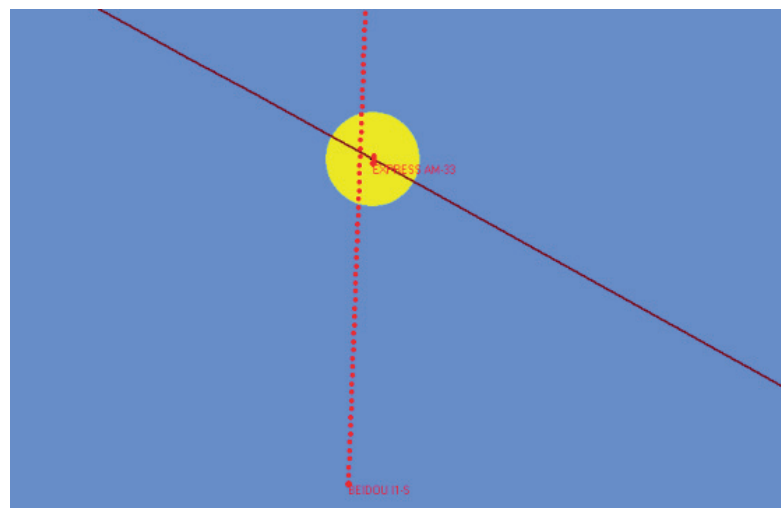


Рис.4 Трэк КА BEIDOU I1-S, проходящий в непосредственной близости от КА «Экспресс-АМЗЗ»

несколько минут отмечалось плавное его снижение. Периодичность воздействия помехи составляла около 11-12 часов, при этом, время начала воздействия с каждым днем становилось все раньше.

С целью подтверждения предположения о том, что источником помехи является соседняя КС, было организовано оперативное взаимодействие между специалистами отдела спутникового радиоконтроля Филиала ФГУП «РЧЦ ЦФО» в ДФО (г. Хабаровск) и ФГУП «Космическая связь».

Используя возможности СЦ, была проведена «перемотка назад» - воссоздана прошедшая по времени ситуация, но соответствующая задокументированным событиям с возникновением и исчезновением помехи. По

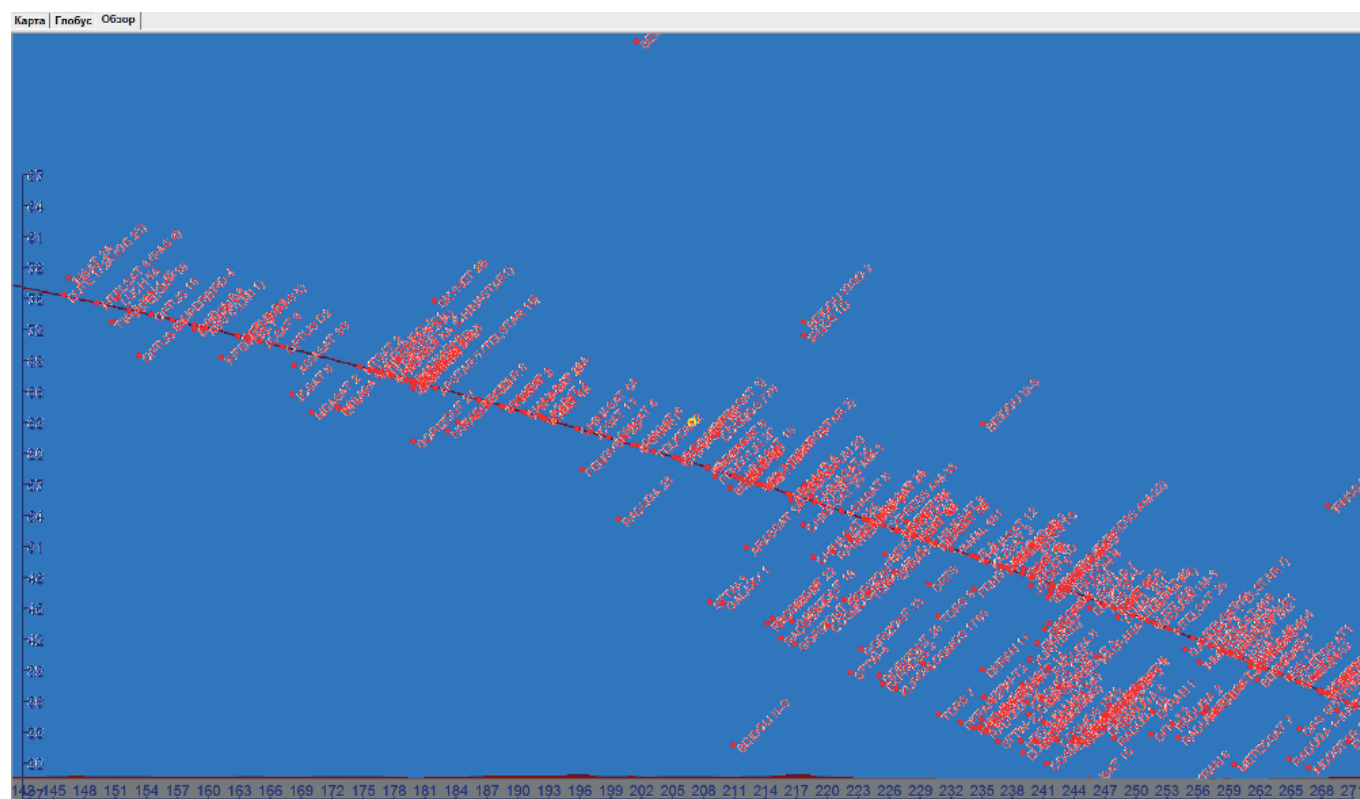


Рис.5 Обзор реальной обстановки на ГСО

результатам моделирования был выявлен космический аппарат «BEIDOU I1-S», траектория орбиты которого проходила вблизи «Экспресс-АМЗЗ», причем, в промежутки времени, совпадающие с появлением помехи (рис. 4). На рисунке отчетливо видно, что траектория движения КА «BEIDOU I1-S» проходит через основной лепесток диаграммы направленности антенной системы станции радиоконтроля, а значит, излучения от этого КА будут попадать в приемные тракты ЗССС с максимальным уровнем, тем самым приводя к полной потере связи.

Для подтверждения сделанного вывода, в СЦ было спрогнозировано время последующих прохождений космического аппарата «BEIDOU I1-S» через ГСО с целью подготовки антенной системы и приемной аппаратуры станции радиоконтроля для сопровождения данного КА. В процессе сопровождения, аппаратурой радиоконтроля было зафиксировано наличие излучения от космического аппарата «BEIDOU I1-S» на частоте помехи. По мере его приближения к КА «Экспресс-АМЗЗ» мощность помехи начинала возрастать, ухудшая тем самым качество приема.

Таким образом, в результате проведенных мероприятий было подтверждено, что источником помехи является соседний космический аппарат. Без использования СЦ решить эту задачу настолько оперативно было бы крайне затруднительно.

Через несколько дней помеховое воздействие прекратилось. Повторное моделирование ситуации и проведение наблюдений показало, что при прохождении ГСО, излучения со стороны КА «BEIDOU I1-S» в совмещенной полосе частот отсутствуют.

#### Дальнейшее развитие

В настоящее время идут работы по дальнейшему совершенствованию программного обеспечения СЦ. В частности, прорабатывается режим многооконного отображения ситуации для случая, когда в составе системы радиоконтроля задействуется большое количество антенных систем, в том числе расположенных на удаленных объектах.

Реализованный функционал СЦ позволяет осуществлять:

- точное наведение антенной системы на заданную КС;
- идентификацию источника принимаемых сигналов;
- прогнозирование движения орбитальной группировки КС, развернутых на любых типах околоземных орбит и их визуальное отображение;
- контроль за положением антенных систем контрольных станций;
- обзор реальной обстановки в околоземном космическом пространстве и на ГСО (рис. 5).

#### Заключение

Таким образом, по результатам экспериментального развертывания и тестовых испытаний СЦ на станции радиоконтроля «Хабаровск» филиала ФГУП «РЧЦ ЦФО» в ДФО можно сделать некоторые выводы.

1. Для повышения эффективности применения системы радиоконтроля по целевому назначению необходимо использовать в ее составе специализированные ситуационные центры.
2. В качестве базовой платформы, обеспечивающей стартовую функциональность ситуационного центра, целесообразно использовать программный комплекс «Спутниковые технологии» (разработка ИКЦ «Северная Корона»).
3. Необходима проработка вопросов, связанных с формированием требований к таким ситуационным центрам и их функциональному насыщению. При выполнении этих работ целесообразно учитывать опыт, полученный в ходе экспериментального развертывания и предварительных испытаний СЦ на станции радиоконтроля «Хабаровск».
4. Особую актуальность СЦ представляет при выполнении задач по космическим объектам, расположенным на отличной от ГСО орбите. В частности, планируемое развертывание орбитальной группировки КС на высокоэллиптической орбите «Тундра» для обеспечения связи, в том числе, в северных широтах и в Арктике (например, проект «Экспресс-РВ»), потребует развертывания соответствующей подсистемы радиоконтроля. Однако, спутники на отличных от ГСО орбитах непрерывно меняют свое угловое положение и без СЦ выполнить поиск, наведение и проведение измерений практически не представляется возможным.
5. Необходимо совершенствование разработанного ситуационного центра в целях обеспечения дальнейшего повышения эффективности применения системы радиоконтроля по своему целевому назначению.
6. Разработанный ситуационный центр оправдал возложенные на него ожидания и в настоящее время стал неотъемлемой частью при проведении мероприятий радиоконтроля.



**ИНФОРМАЦИОННЫЙ КОСМИЧЕСКИЙ ЦЕНТР  
«СЕВЕРНАЯ КОРОНА»**

**АО «Информационный Космический Центр «Северная Корона»**

**Генеральный директор, к.т.н., Андрей Аркадьевич Гриценко**

**Телефон: +7 (812) 922 -36-21**

**E-mail: [org@spacecenter.ru](mailto:org@spacecenter.ru), [www.spacecenter.ru](http://www.spacecenter.ru)**