

О проблеме организации радиоконтроля спутниковых систем на современном этапе



Валентин Анпилов

Заместитель генерального директора АО «ВИСАТ-ТЕЛ», к.т.н., доцент



Андрей Гриценко

Генеральный директор АО «ИКЦ «Северная корона», к.т.н.



Айгуль Кулакаева

Доктор PhD, ассоциированный профессор кафедры «Радиотехника, электроника и телекоммуникации» Международного университета информационных технологий, г. Алматы, Казахстан

Современный этап развития спутниковых телекоммуникационных систем характеризуется лавинообразным ростом числа спутников на низких круговых орбитах (НКО) [1]. Орбитальная группировка системы Starlink по состоянию на начало декабря 2024 г. включала более 6,7 тыс. спутников, еще более 650 спутников – в группировке OneWeb. При этом сотни и тысячи новых спутников готовятся к развертыванию в рамках других перспективных проектов. Этот процесс сопровождается поиском эффективных методов и средств обеспечения их электромагнитной совместимости (ЭМС) [2]. Ответ на вопрос, насколько верны принятые решения в области ЭМС, может дать система радиомониторинга и радиоконтроля

(СРК). Но именно она и является в настоящее время «слабым звеном» в этой цепочке.

Современные СРК, предназначенные для работы в диапазонах частот спутниковых служб, как правило, представляют собой распределенную сеть измерительных комплексов, каждый из которых имеет несколько стационарных станций радиоконтроля. Основная задача – контроль за излучениями космических станций (КС), расположенных на геостационарной орбите (ГСО). Небольшая часть этих комплексов относительно недавно была модернизирована для наблюдения за излучениями спутников на НГСО.

Современные спутниковые системы как объект радиоконтроля

Развитие технологий построения современных спутниковых систем фактически привело к резкому снижению эффективности действующих СРК, и причиной этому является:

- создание на ГСО многолучевых спутников HTS;
- развертывание на НКО мегаорбитальных группировок;
- создание гибридных спутниковых систем на НКО.

Спутники на ГСО класса HTS формируют многолучевую зону обслуживания за счет использования большого числа (до нескольких сотен) узких лучей. Если луч имеет ширину, например, 0,5°, то радиус «пятна» составит менее 180 км в подспутниковой точке. Этот принцип позволил начать внедрение адаптивных (иногда их называют «гибкие») полезных нагрузок, обеспечивающих в пределе динамическое изменение всех параметров (угловое положение, ширина, мощность и даже полоса частот каждого луча). Каким образом контролировать излучение в каждом таком «пятне» на большой территории?

Ключевые слова:
радиоконтроль, спутниковые системы



Число наблюдаемых спутников в зависимости от географической широты положения станции радиоконтроля

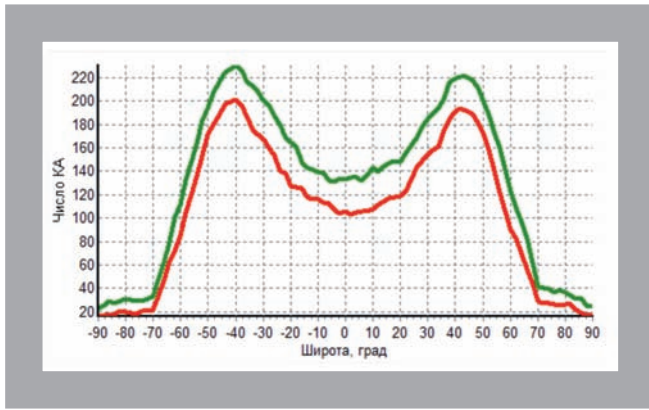


Рис. 1

Несимметричная группировка в составе 24 спутников на высоте 500 км, реализующая принцип “сканера” (граничное значение угла места 35°)

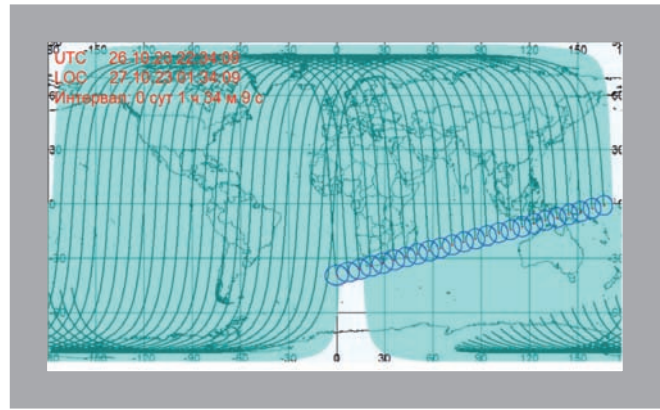


Рис. 2

Развернуть тысячи стационарных комплексов РК?

Развертывание мегагруппировок, содержащих сотни спутников со скользящими “лучами”, уже привели к проблемам ЭМС, а развертывание систем типа Starlink из тысяч спутников с “прыгающими” узкими лучами требует разработки принципиально новых систем СРК. На подходе еще много проектов на НКО, в том числе и российских (“Рассвет”, “Марафон IoT” и др.). Но проблема очевидна уже сегодня. Предположим, что срок активного существования спутника на НКО составляет 5–7 лет. По данным каталога NORAD, по состоянию на начало декабря 2024 г. на LEO находилось более 8,8 тыс. спутников в пределах этого срока. Число одновременно наблюдаемых спутников зависит от минимального угла места и географической широты положения станции радиоконтроля. На рис. 1 показано минимальное и максимальное число наблюдаемых спутников при значении минимального угла 7° в зависимости от географической широты.

Каким образом решать задачу организации радиоконтроля за сотнями спутников из одного пункта? Ставить в каждом пункте сотни стационарных станций? Создавать и использовать сверхдорогие многолучевые антенны типа АФАР, тем более ЦАР?

Гибридные системы предполагают, что спутниковая сеть обеспечит прямой доступ к своим ресурсам (спутникам) абонентам наземной сети (сотовых и LPWAN). Из этого следует, во-первых, что в качестве абонентских устройств исполь-

зуются терминалы уже действующих наземных сетей. А во-вторых, что работа осуществляется на частотах, выделенных наземному оператору. На ВКР-27 (п. 1.13 и 1.14) это положение будет закреплено на международном уровне, но уже можно утверждать, что термин “радиоконтроль в диапазонах частот спутниковых служб” прекратил свое существование. Соответственно, и СРК должна “гибридизироваться”, то есть иметь космическую компоненту.

Космическая компонента системы радиоконтроля

Проблемой современности стал контроль за излучениями обширного парка абонентских станций. Причем под абонентскими земными станциями теперь следует понимать и обычные смартфоны сетей 4/5G, которые за пределами зон обслуживания наземных сетей организуют прямой канал со спутником. Орбитальная группировка, как составная часть СРК, может строиться по-разному. Например, она может быть выполнена в виде несимметричной группировки, реализующей принцип “сканера”, как это показано на рис. 2. В этом случае обеспечивается глобальный охват за 1,5 ч почти всей территории Земли. За счет последовательного перекрытия зон обзора спутников и наличия десятков лучей на каждом спутнике возможно обеспечить разнесенный прием и ретрансляцию сигналов на наземную станцию для их анализа и определения географических координат источника излучения с точностью, по

предварительным оценкам, лучше 3 км. Контролируемая зона одной наземной станции достигает 3500–4000 км в диаметре.

Выводы

Требуется проработка методов и средств организации и построения системы радиоконтроля спутниковых систем с учетом новых факторов. Одной из наиболее актуальных задач является создание космической компоненты для СРК. Необходима разработка новой Концепции развития системы радиоконтроля, поскольку существующая Концепция [3] уже не соответствует сложившейся ситуации.

Литература

1. Анпилогов В.Р., Гриценко А.А. Оптимальные низкоорбитальные группировки // Специальный выпуск “Спутниковая связь и вещание – 2022”. 2021. С. 44–47.
2. Анпилогов В., Гриценко А., Чекушкин Ю., Зимин И. Результаты анализа совместной работы систем OneWeb и “Экспресс-РВ” в Ku-диапазоне // Технологии и средства связи. 2018. № 6. Специальный выпуск “Спутниковая связь и вещание – 2019”. С. 48–54.
3. Концепция развития системы контроля за излучениями радиоэлектронных средств и (или) высокочастотных устройств гражданского назначения в Российской Федерации на период до 2025 года.

Адреса и телефоны
АО “ИКЦ “СЕВЕРНАЯ
КОРОНА”
см. стр. 106 “Информация о компаниях”

Реклама