

## Введение

В настоящее время наряду с геостационарными спутниковыми системами связи (ГССС) уже более двадцати лет в процессе коммерческой эксплуатации находятся спутниковые системы связи (ССС) нового типа, которые потенциально могут обеспечить своим пользователям более широкий спектр услуг с более высоким качеством. Это ССС на негеостационарных орбитах (НССС), размещенные на круговых орбитах высотой менее геостационарной, а также на эллиптических орбитах, в состав таких орбитальных группировок входят от десятков до сотен КА.

ГССС наряду с их широким применением имеет ряд недостатков, которых лишены НССС. В частности, только НССС могут обеспечить глобальную связь по всей поверхности Земли. Это качество в сочетании с низкой задержкой передачи информации (это критический параметр для интерактивных услуг и бизнес-приложений), низкими потерями при распространении сигналов, успехами развития современных технологий производства ретрансляторов и бортовых радиотехнических комплексов (БРТК) являются весьма привлекательными для построения сетей связи для предоставления интегральных услуг при коммерческом использовании.

Однако на сегодняшний день нет детальных технических моделей и проектов и экономических (бизнес-показателей эффективности) моделей проектирования и эксплуатации НССС.

Нерешенные проблемы для НССС заключаются в следующем:

- нет обоснованного варианта построения орбитальных группировок НССС: она должна быть низкоорбитальной (LEO, 700...1500 км), комбинированной (среднеорбитальной группировкой совместно с геостационарными спутниками-ретрансляторами (ГСР)) или с использованием спутников-ретрансляторов (СР) на высокоэллиптических орбитах;
- стоимость создания и эксплуатации существующих и проектируемых НССС является достаточно высокой, а для создаваемых новых сетей до конца неопределенной;
- в условиях бурного развития операторов сотовых сетей связи и сетей ГССС имеется существенная неопределенность в расчете объемов рынка услуг связи, которые могут предоставлять НССС. Это определяет высокие бизнес-риски НССС;
- стремление обеспечить пропускную способность НССС, сравнимую с наземными сетями связи, заставляет использовать в

- НССС как традиционные диапазоны частот  $L$ ,  $S$  и  $C$ , так и более высокочастотные диапазоны  $Ku$ ,  $Ka$ ,  $V$  и даже оптический;
- реализация проектов НССС требует согласования частотных диапазонов для обеспечения международных требований электромагнитной совместимости с уже существующими системами связи на геостационарной орбите, радиорелейными и сотовыми системами связи;
  - не решены вопросы интеграции НССС и их сопряжения через наземные шлюзы с наземными и сотовыми системами связи. А это приводит к неоднозначности схем построения ВРТК спутников-ретрансляторов, маршрутизации и управления информационными потоками в сети;
  - стремление использования передовых технологий и повышения пропускной способности НССС диктует использование на борту спутников-ретрансляторов многолучевых приемо-передающих антенн в основном на базе фазовых антенных решеток (ФАР). Эта задача является нетривиальной;
  - имеются определенные проблемы при выборе методов разделения и уплотнения каналов связи и протоколов многостанционного доступа;
  - в качестве протоколов передачи информации в проектах НССС рационально использовать протоколы TCP/IP, но с дополнительной модификацией для обеспечения заданной эффективности;
  - экономическая эффективность применения НССС (как и ГССС) определяется стоимостью наземных терминалов, которые в НССС рационально выполнить на базе следящих за СР фазированных антенных решеток. Но в настоящее время эта задача не решена.

Даже неполный перечень перечисленных проблемных задач показывает, что эффективность функционирования НССС определяется многими параметрами, анализ которых представлен в настоящем учебном пособии.