



Моделирование многоспутниковых группировок на негеостационарных орбитах

Гриценко Андрей

Генеральный директор, кандидат технических наук

XIII Международная конференция «SATELLITE RUSSIA & CIS 2021»

Хилтон Гарден Инн Москва Красносельская, Москва

8 – 9 апреля 2021 г

Цель моделирования – получение детальной информации о параметрах и поведении спутниковой системы в окружающей обстановке с учетом большого числа значимых факторов

Преимущества моделирования – учет большого числа значимых факторов, которые невозможно или затруднительно учесть при использовании аналитических методов исследования поведения системы

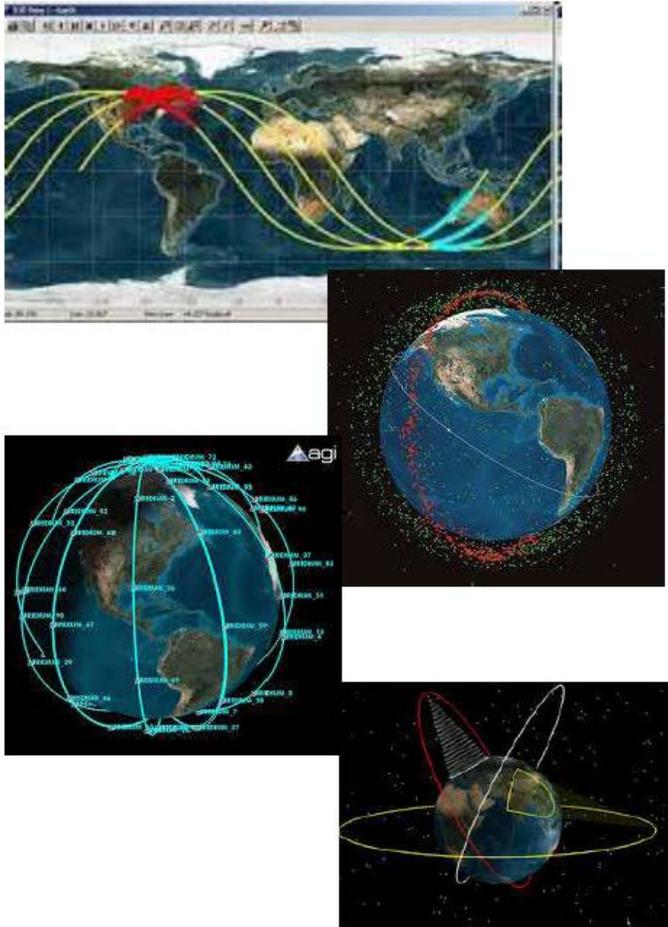
Требования к системам моделирования спутниковых систем:

- А) **оперативность** – большая часть задач должна решаться в режиме «реального времени», должны использоваться «быстрые» алгоритмы;
- Б) **достоверность и надежность** результатов моделирования;
- В) **доступность** исходных данных;
- Г) **наглядность** (визуализация) процесса моделирования и полученного результата;
- Д) **комплексность** – наличие широкого спектра моделей, обеспечивающих решение прикладных задач.

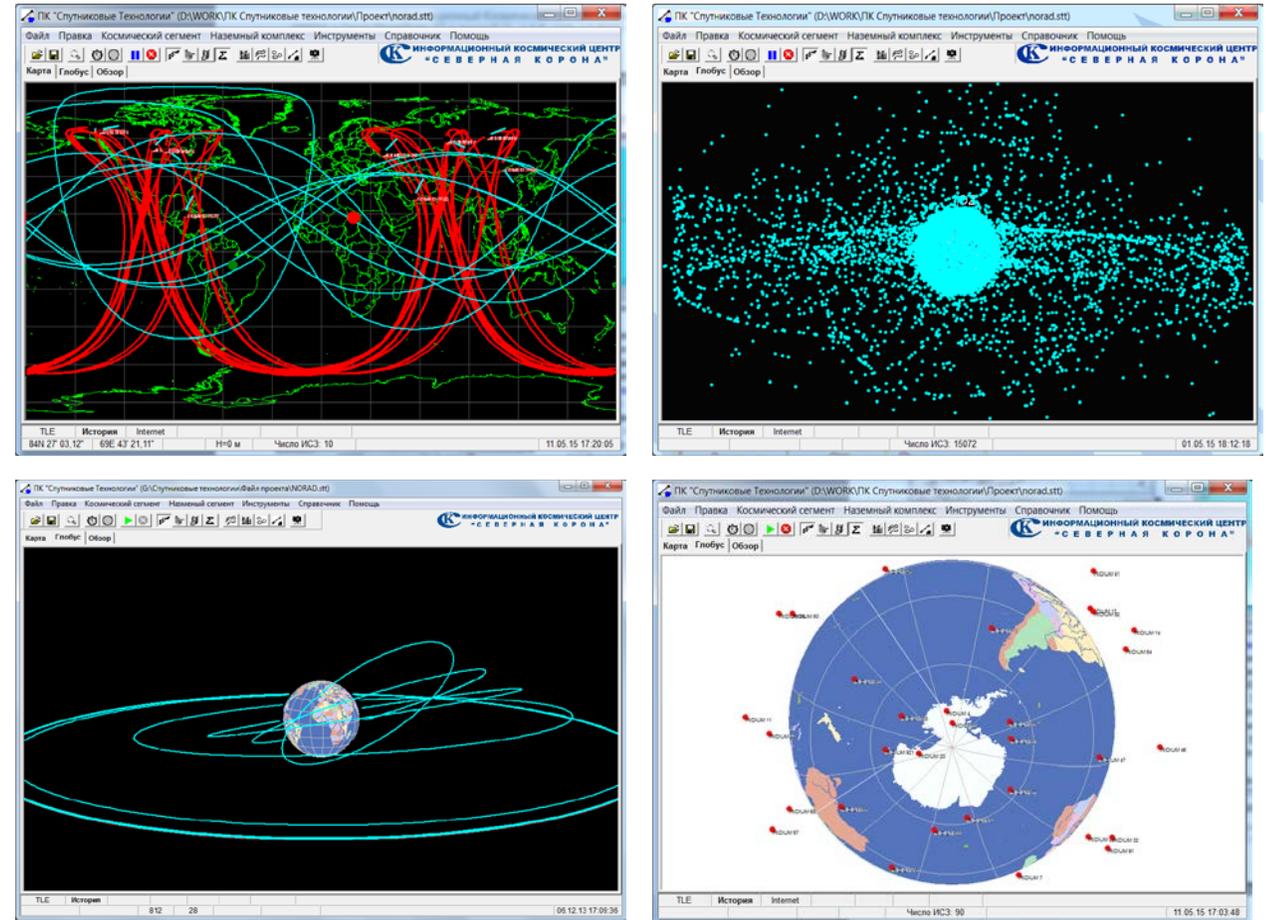
Основные этапы:

- Подготовка исходных данных (получение, обработка, ввод) ;
- Настройка и конфигурирование моделей;
- Моделирование (с визуализацией процесса и предварительной обработкой результатов);
- Обработка результатов моделирования
- Представление результатов в удобном для использования виде (графики, таблицы, карты ...)

STK (Systems Tool Kit) Компания AGI, США



САПР Альбатрос, ПК «Спутниковые технологии» АО «ИКЦ «Северная Корона», Россия



1. Орбита «Кентавр»

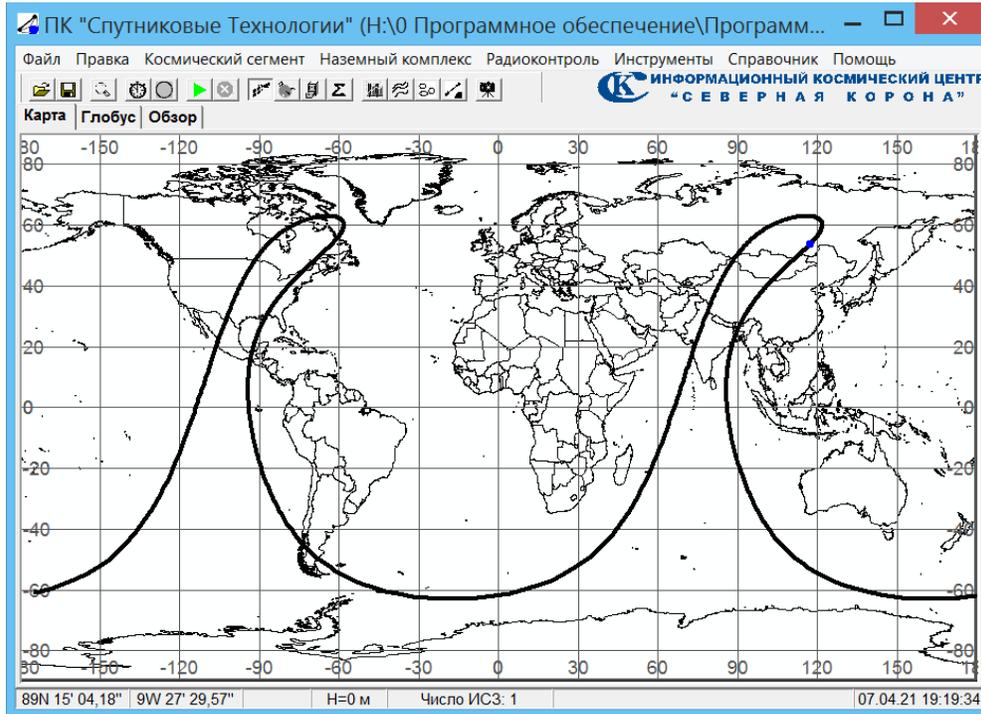


Рис.1. Орбита «Молния» (классический вид)

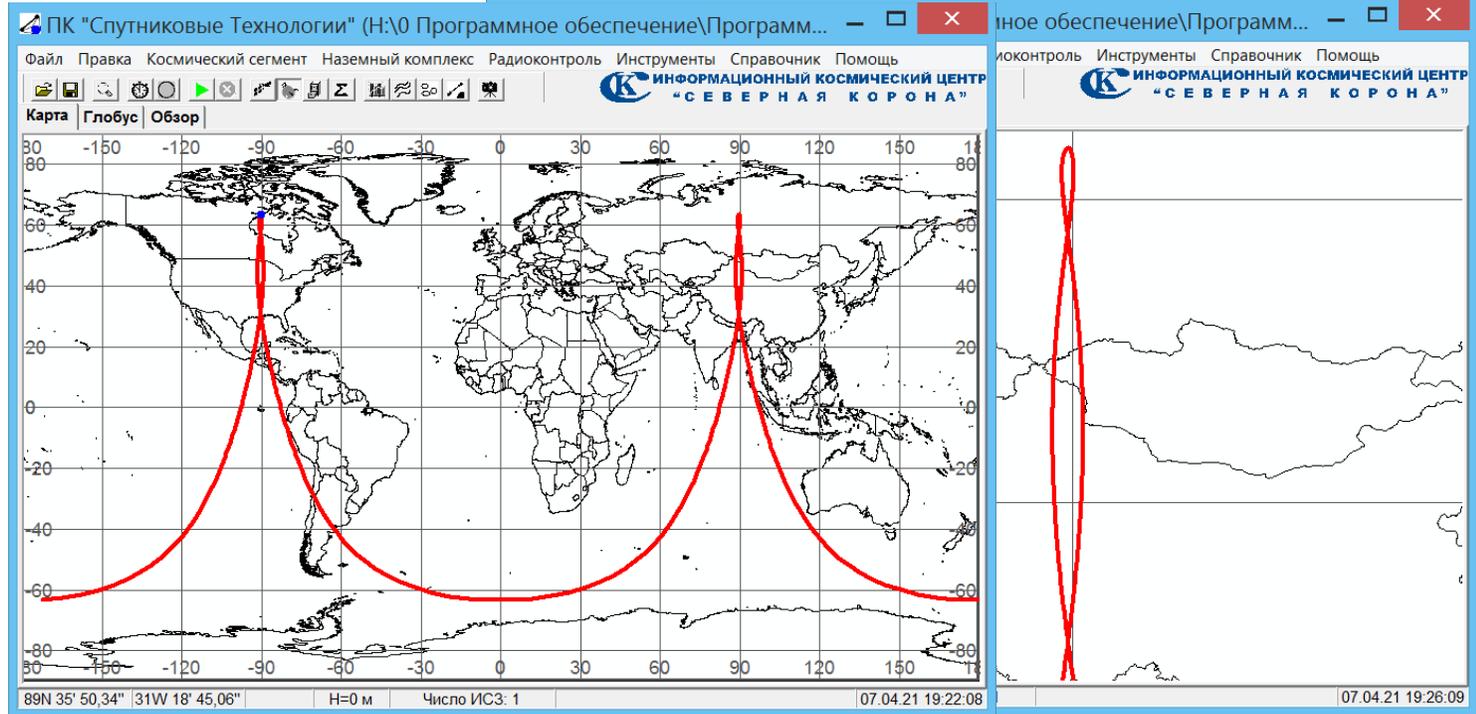


Рис.2. Орбита «Кентавр»

Рис.3. Апогейный участок орбиты «Кентавр»

Орбита «Кентавр» - наличие на апогейном участке 12-и часовой ВЭО орбиты характерной «восьмерки».

Орбита выявлена путем моделирования в 1995 г в ходе поиска вариантов построения региональной системы спутниковой связи.

Проект системы «Кентавр» - 4 спутника на орбите «Кентавр»

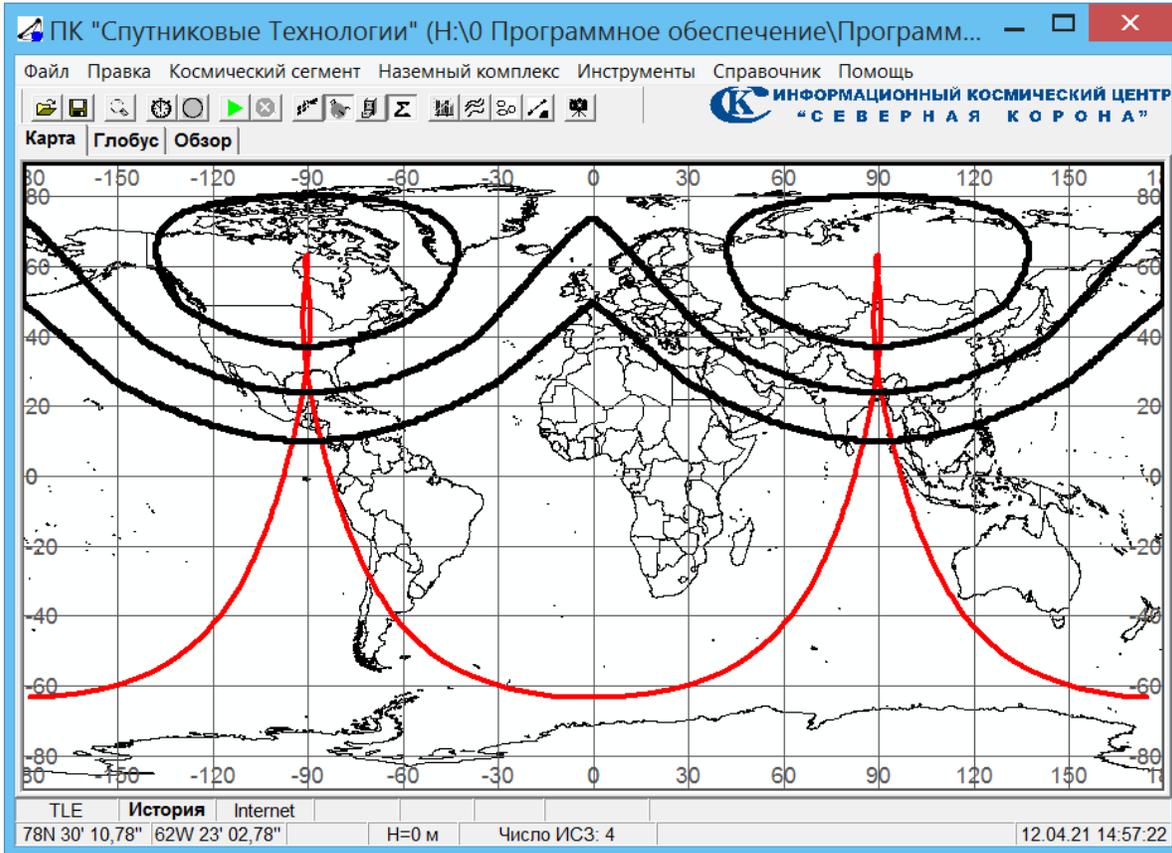


Рис.1. ГЗРВ (УМ=30, 45 и 60 град)

Проект «Кентавр» - система спутниковой связи в составе 4-х космических аппаратов на орбите «Кентавр», предназначенная для обеспечения работы персональных абонентских станций. Разработка велась в 1996-2001 г составом НПО Машиностроения, АО «ИКЦ «Северная Корона», 16 ЦНИИИ и ЛОНИИР.

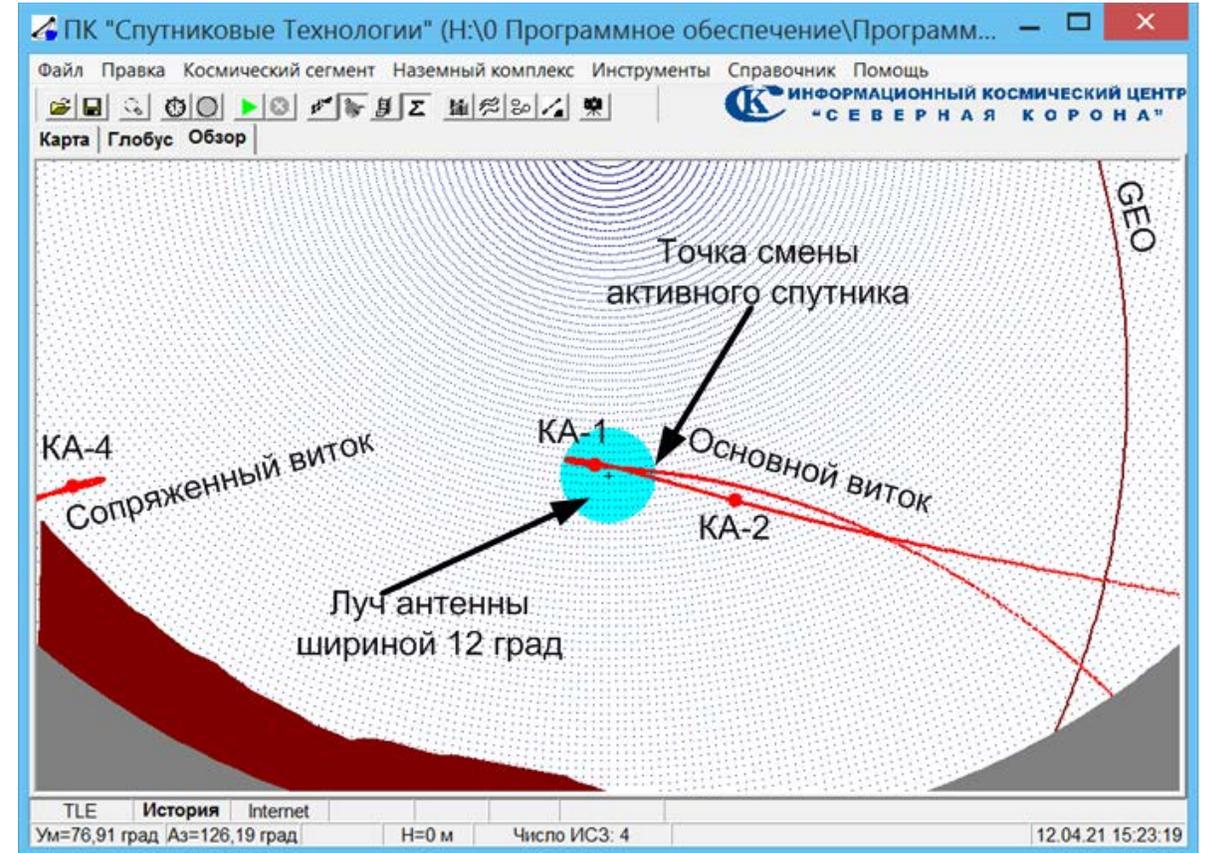


Рис.2. Вид со стороны антенны ЗС

Гарантированная зона радиовидимости (ГЗРВ) часть территории Земли, в каждой точке которой в течение заданного процента времени ($P\%$) на углах места, не ниже требуемого ($УМ$), наблюдается необходимое число (N) рабочих спутников.

Для НГСО систем можно построить только путем моделирования
Пример ГЗРВ для системы связи (Рис.1): $P=100\%$; $N=1$: $УМ=30, 45, 60$ град

Проект системы «Экспресс-РВ» - 4 спутника на орбите «Кентавр»



Рис.1. Патент РФ №2223205
(Орбита «Кентавр»)

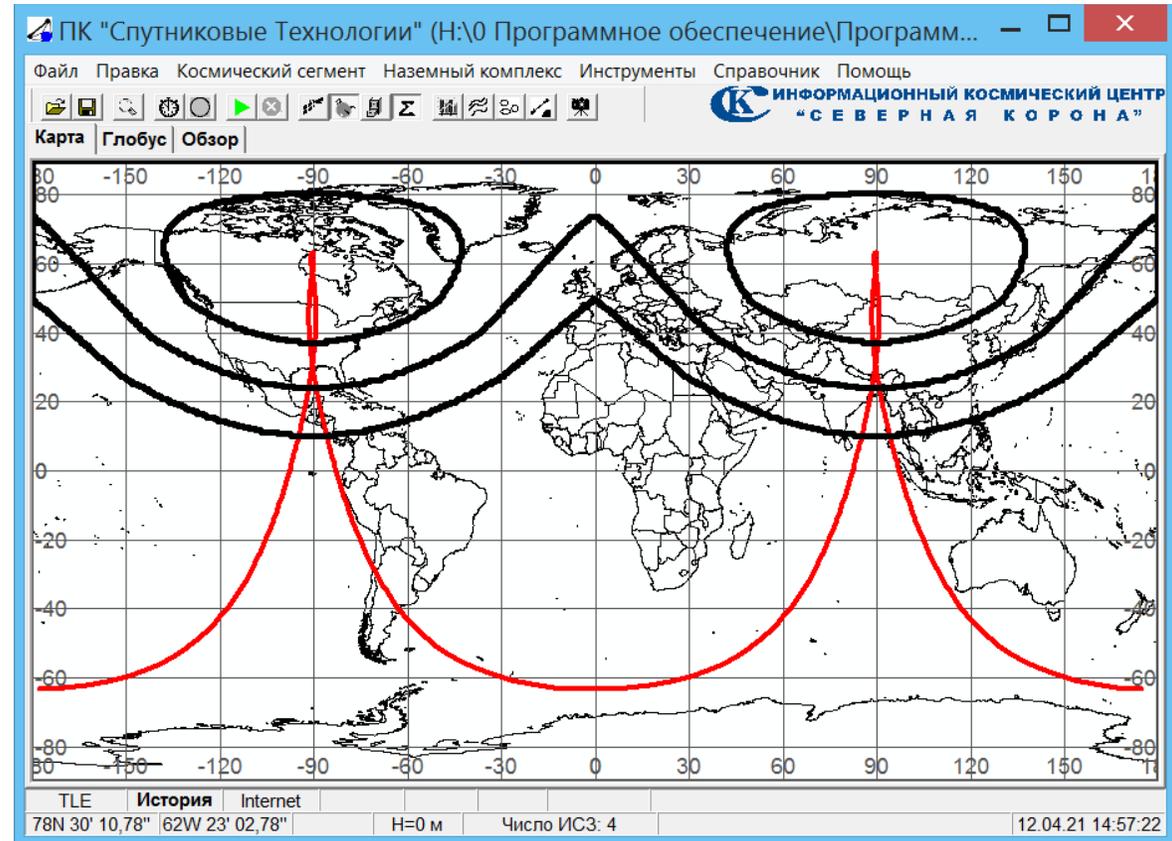


Рис.2. ГЗРВ системы «Экспресс-РВ» (УМ=30, 45 и 60 град)

Проект «Экспресс-РВ» - спутниковая система ШБД. Баллистическая структура полностью соответствует структуре проекта «Кентавр». Проект входит в ФЦП «СФЕРА»
Использование орбиты «Кентавр» позволяет в ряде случаев упростить как абонентские станции, так и станции сопряжения

Оптимизация земного сегмента Система STARLINK

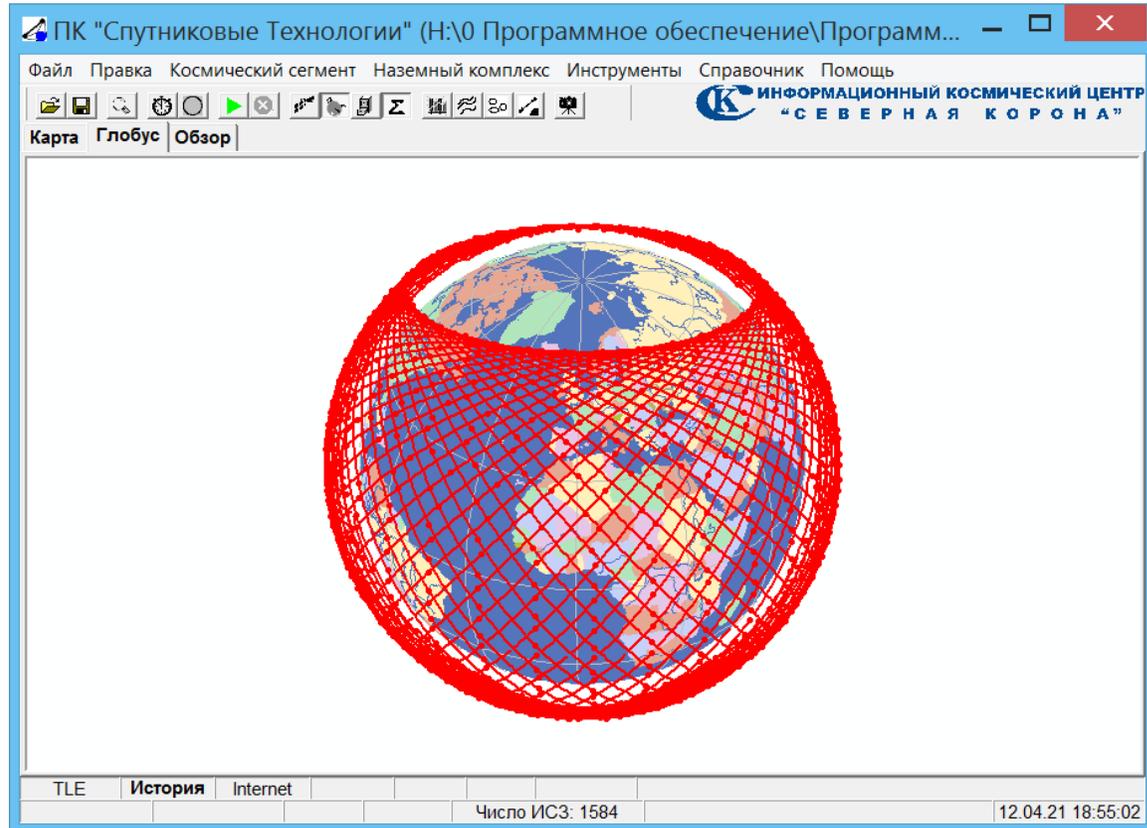


Рис.1. Орбитальная группировка «Эшелон 1»
($i=53^\circ$, 1548 КА)

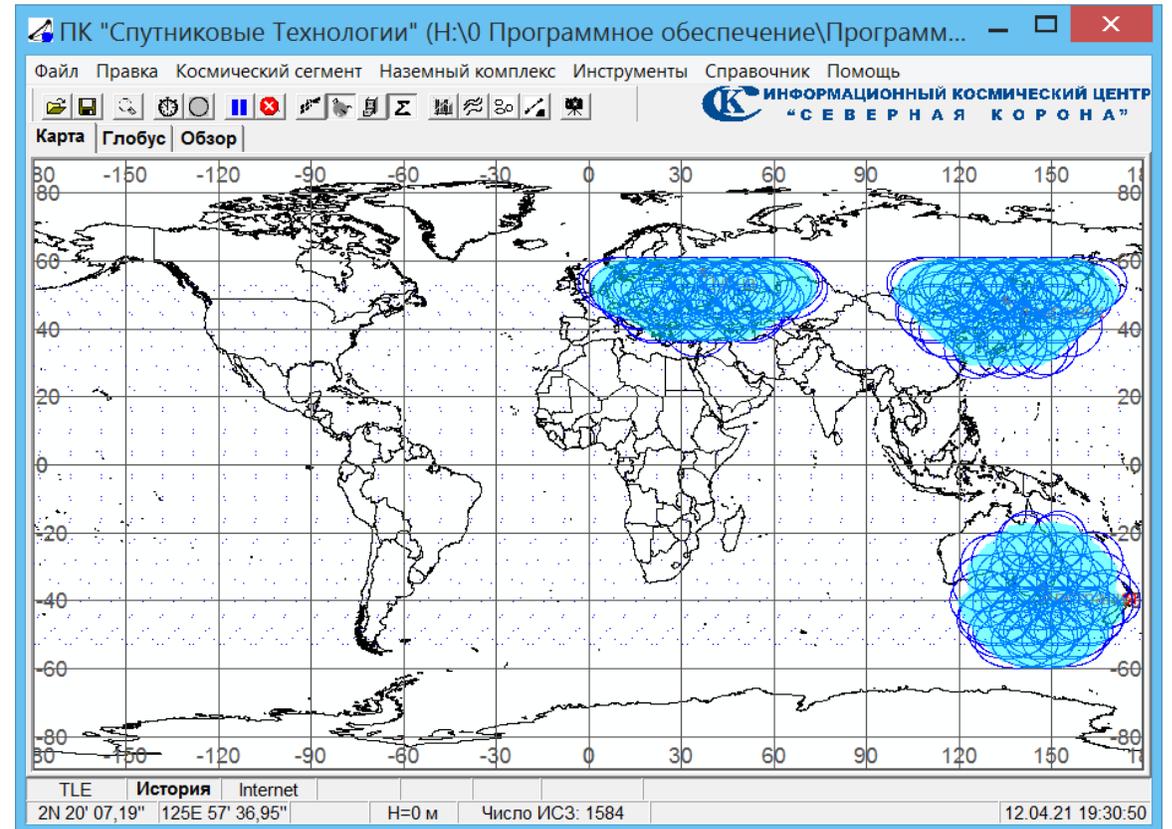


Рис.2. Мгновенные (синий контур) и гарантированные (заливка синим цветом) зоны радиовидимости КА, обслуживаемые региональными станциями сопряжения в России (Дубна, Хабаровск) и Австралии



Оптимизация земного сегмента Система STARLINK

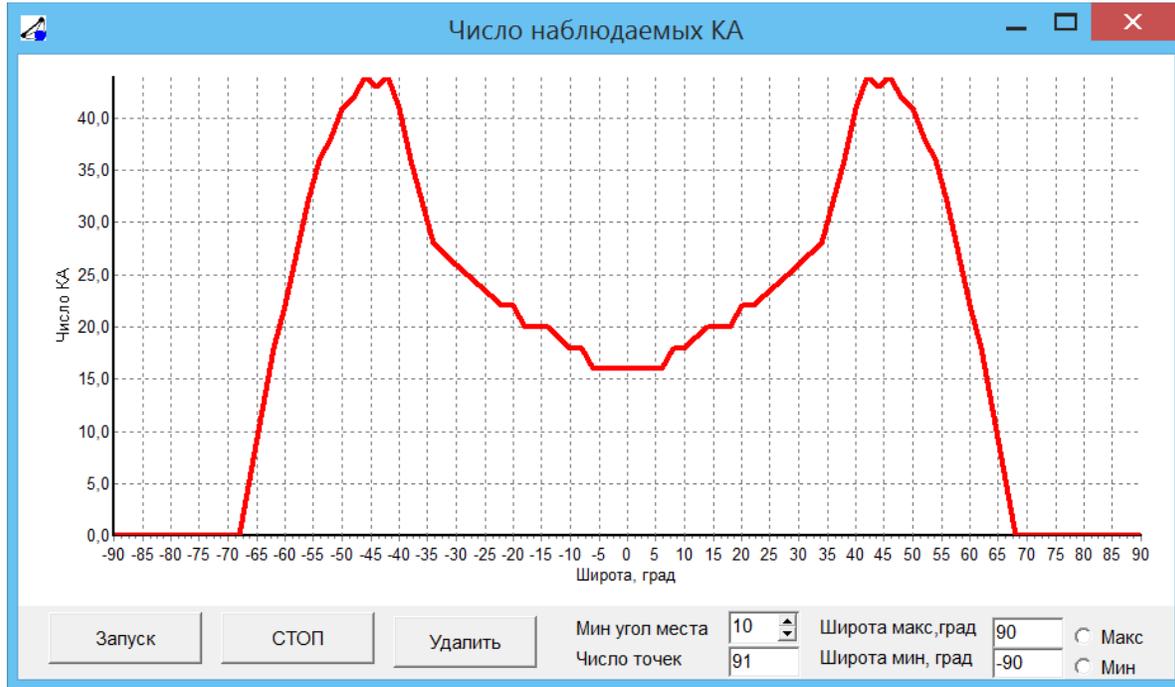


Рис.1. График зависимости числа наблюдаемых КА в функции географической широты положения наблюдателя (для «Эшелон 1»)

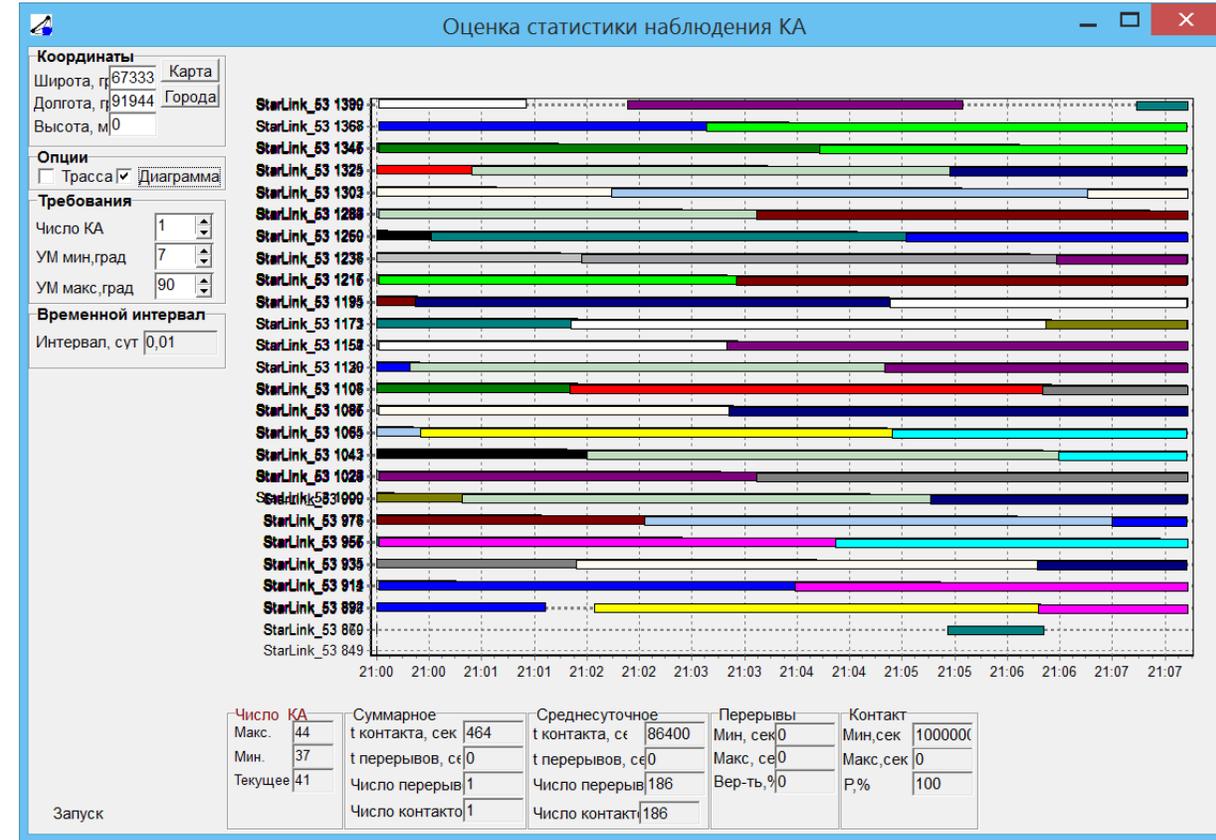


Рис.2. Циклограмма обслуживания КА региональной станцией сопряжения, расположенной в г. Дубна (для «Эшелон 1») Максимальное число наблюдаемых КА - 44

Оптимизация земного сегмента Система STARLINK

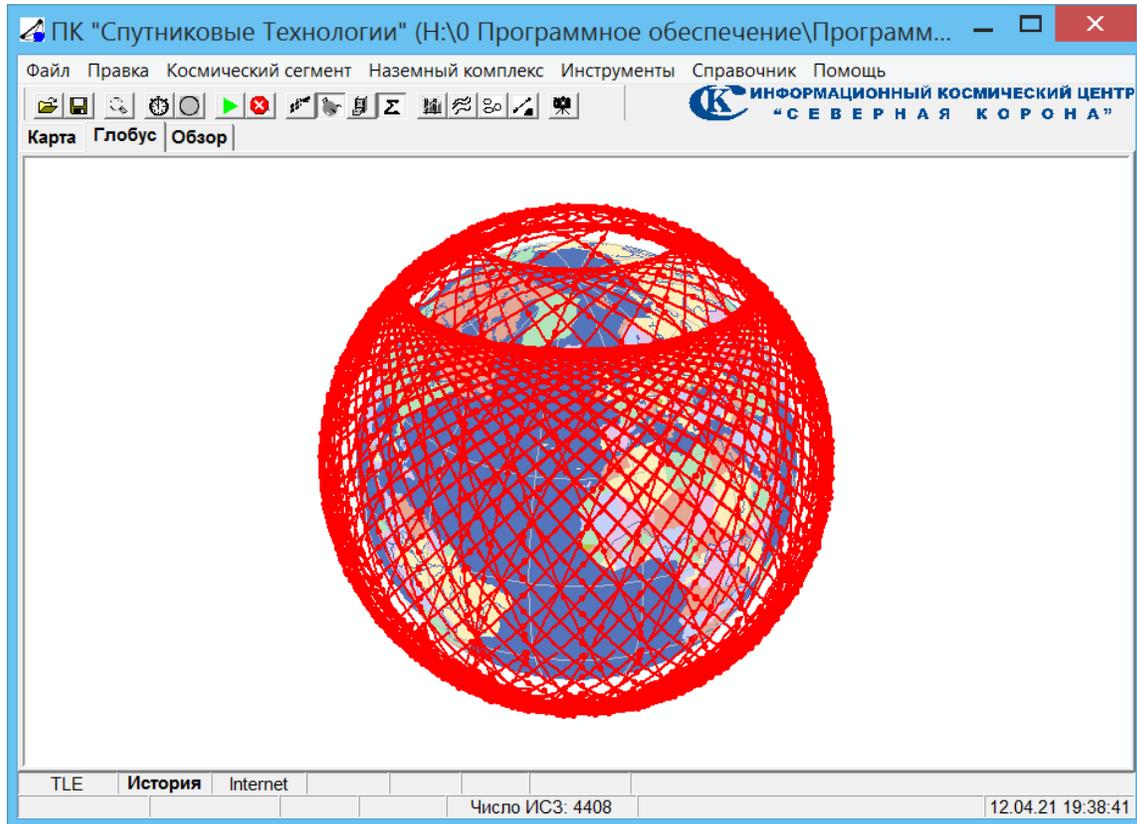


Рис.1. Полная орбитальная группировка
($i=53, 70, 97.6$; 4408 КА)

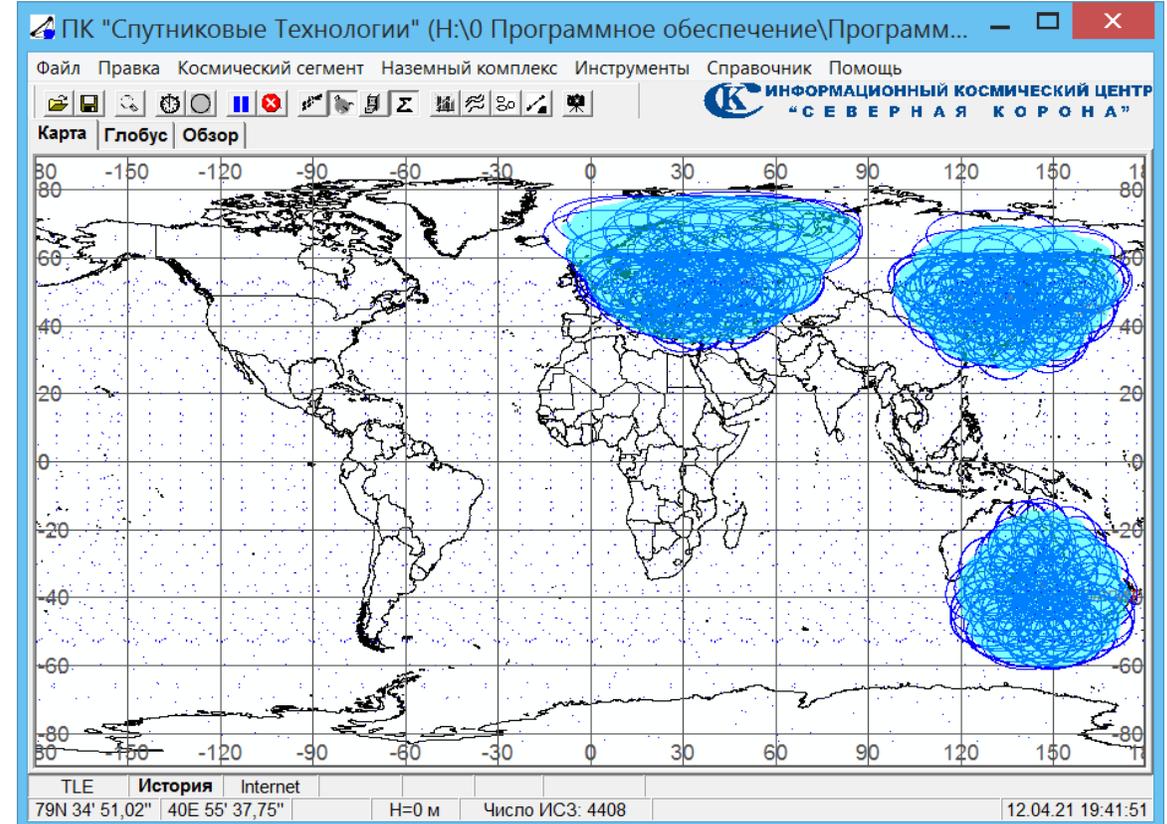


Рис.2. Мгновенные (синий контур) и гарантированные (заливка синим цветом) зоны радиовидимости КА, обслуживаемые региональными станциями сопряжения в России (Дубна, Хабаровск) и Австралии



Оптимизация земного сегмента Система STARLINK

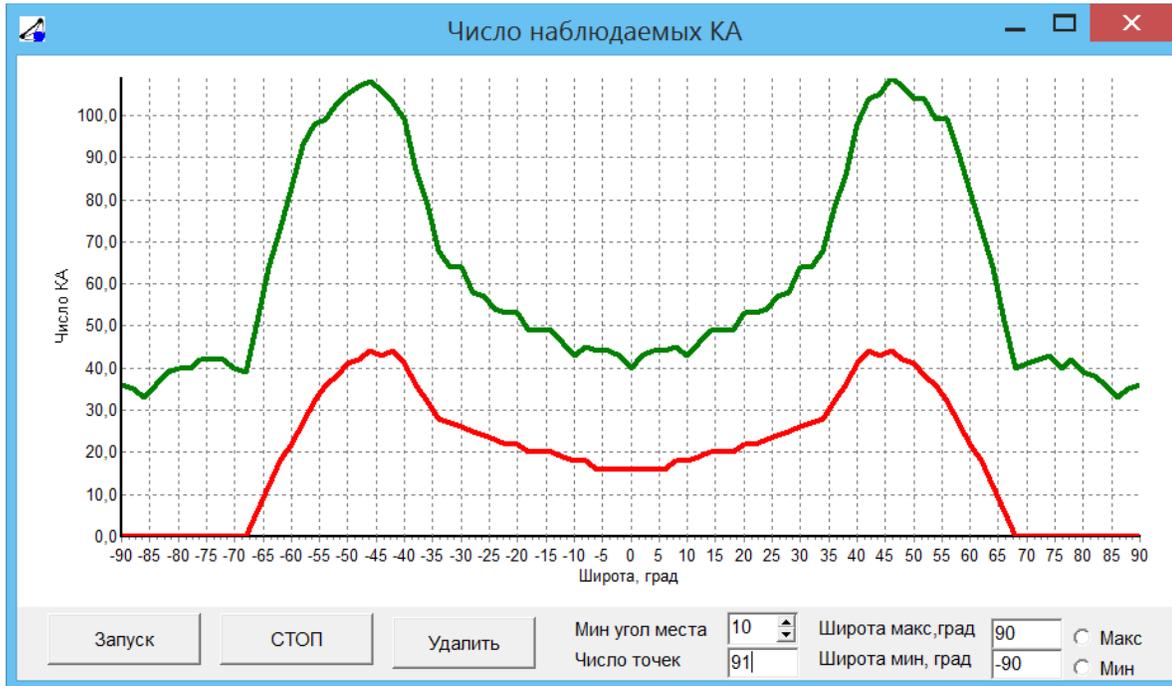


Рис.1. График зависимости числа наблюдаемых КА в функции географической широты положения наблюдателя: красный цвет - «Эшелон 1», зеленый цвет – полноразмерная орбитальная группировка

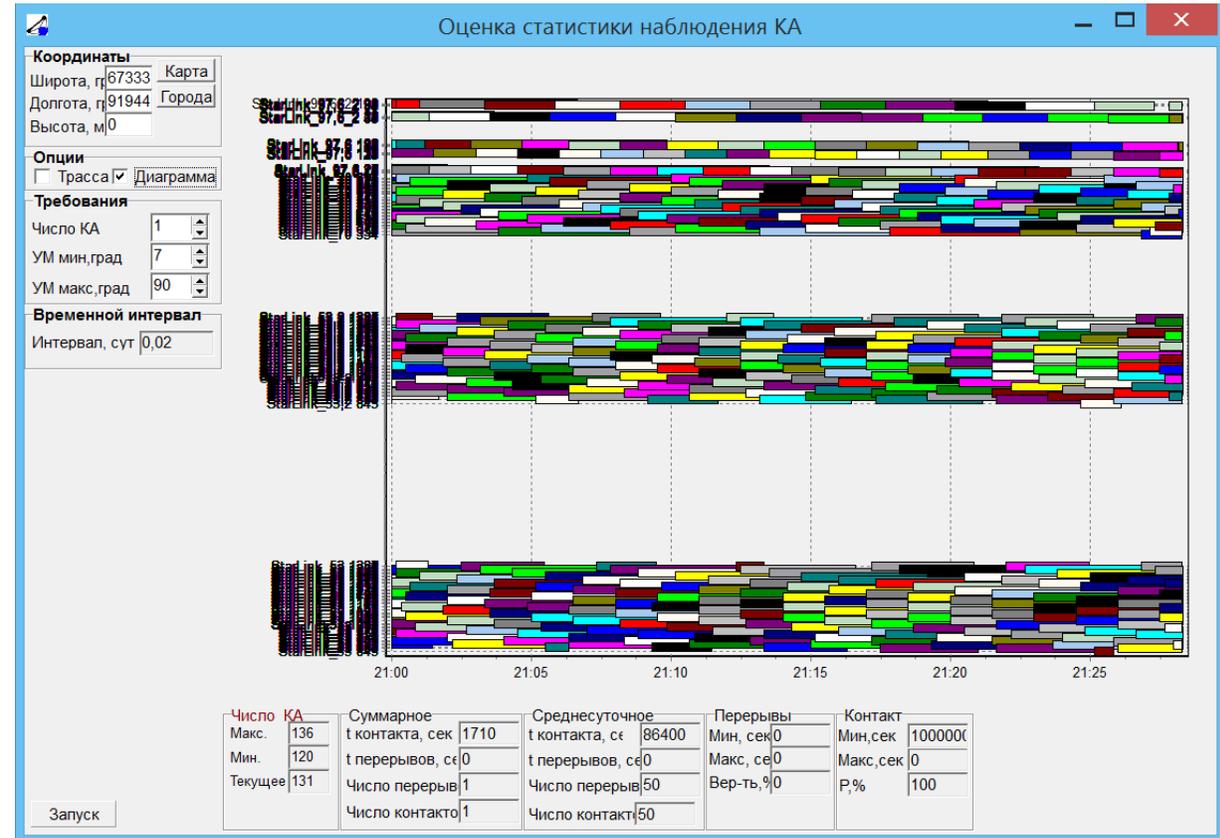


Рис.2. Циклограмма обслуживания КА региональной станцией сопряжения, расположенной в г. Дубна (полноразмерная орбитальная группировка) на интервале 25 мин
Максимальное число наблюдаемых КА - 136

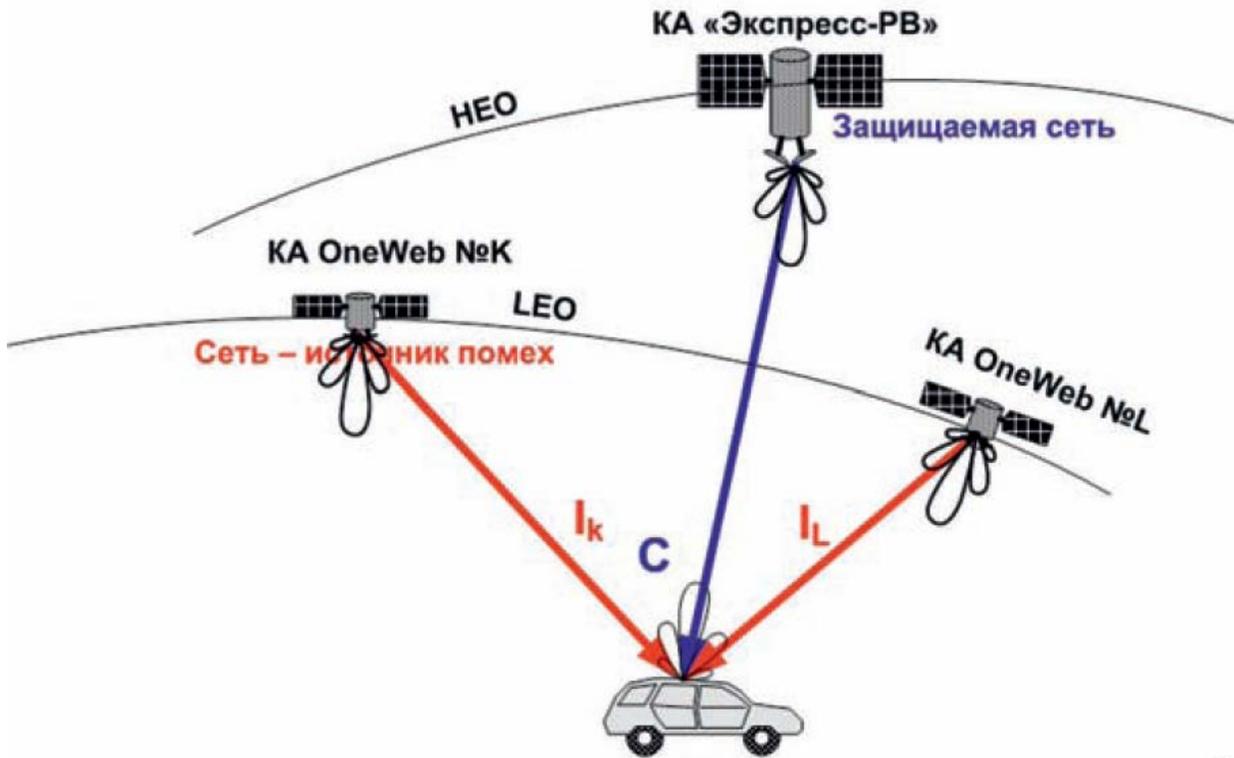


Рис.1. Постановка задачи анализа ЭМС между системами «Экспресс-РВ» и OneWeb – анализ помех по входу абонентской станции системы «Экспресс-РВ»

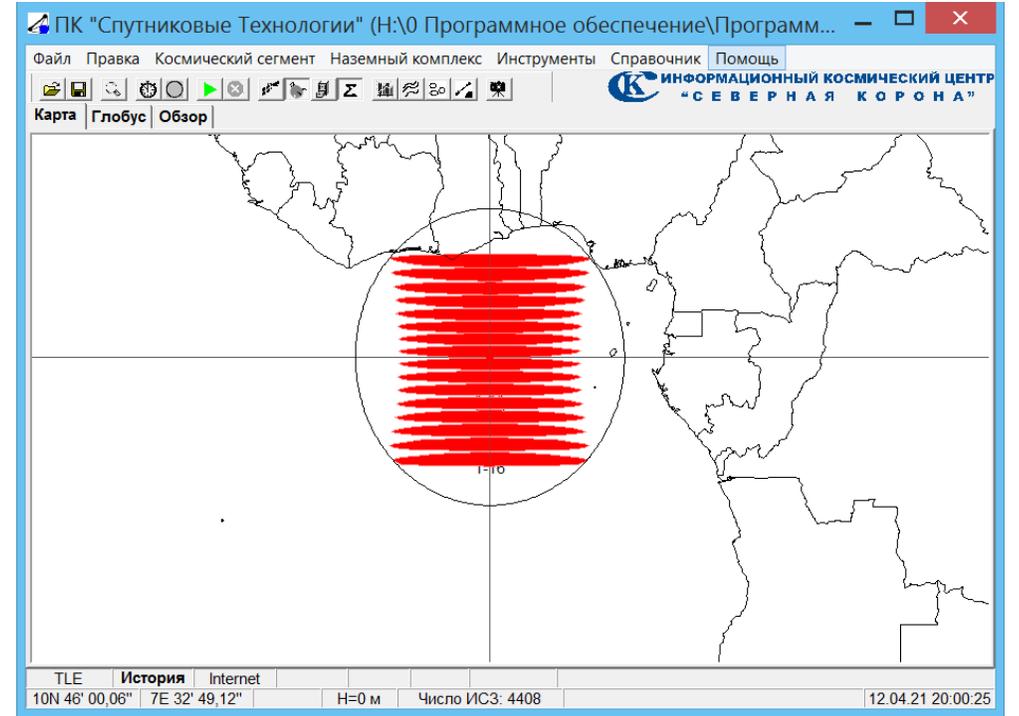


Рис.2. Лучи КА OneWeb

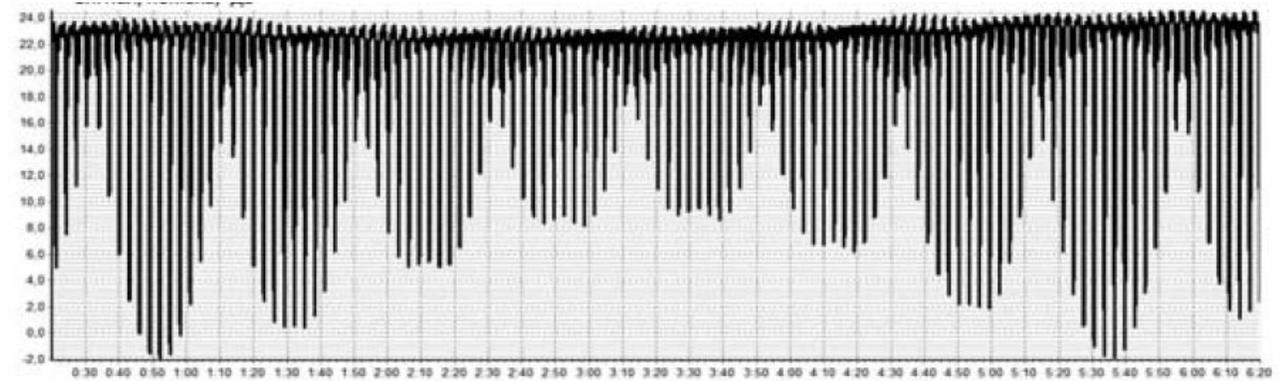


Рис.3. График значения C/I на входе приемника абонентской станции системы «Экспресс-РВ»



Информационный Космический Центр «Северная Корона»

Спасибо за внимание!



199034, Россия, Санкт-Петербург,
17-я линия В.О., д.4-6

тел/факс +7 (812) 320-65-04

+7 (812) 922-36-21

e-mail: org@spacecenter.ru

сайт: www.spacecenter.ru