



**Расчет, моделирование и оптимизация спутниковых систем,
сетей и линий радиосвязи. Программно-методическое
обеспечение**

**Calculation, modeling and optimization of radio communications
satellite systems, networks and lines**

Гриценко Андрей Аркадьевич

Генеральный директор, кандидат технических наук

XII Международной конференции «SATELLITE RUSSIA & CIS 2020
23 июля 2020 г



1995 г - Проект «Кентавр», САПР «Альбатрос» малые спутники и псевдостационарная орбита

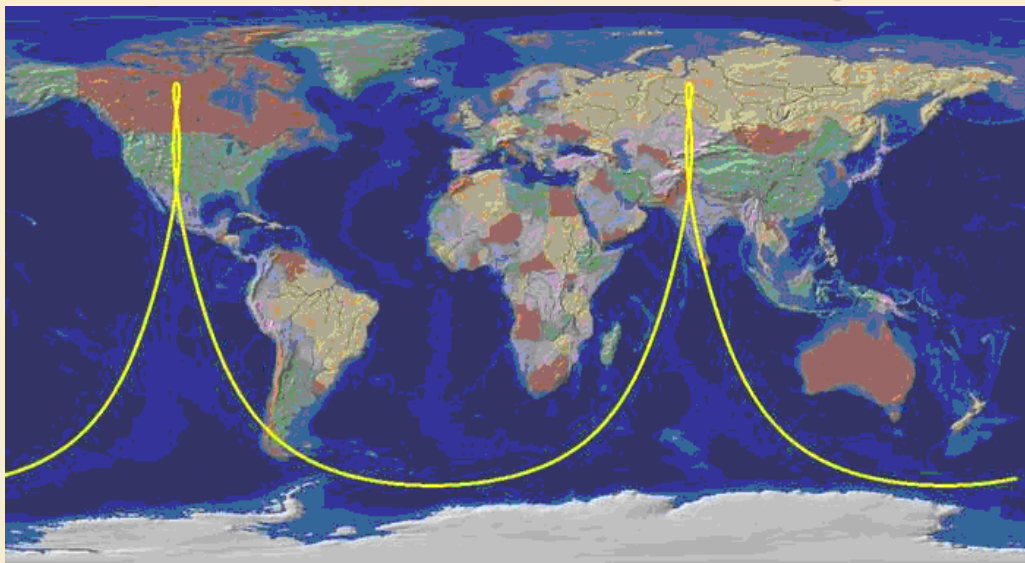


Рис.1 Трасса КА в системе «Кентавр»

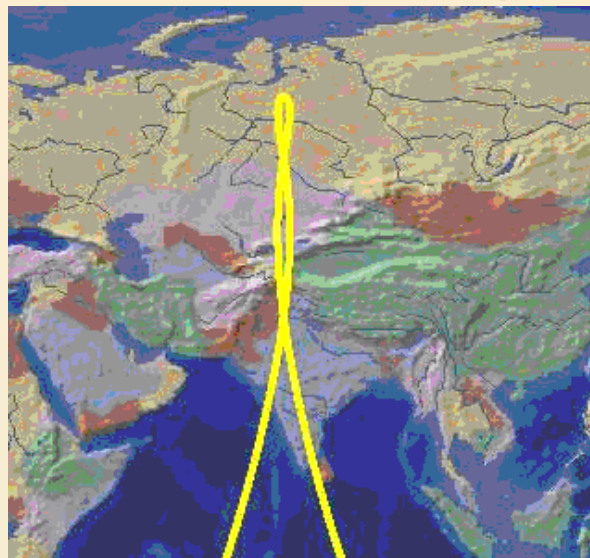


Рис.2 «Восьмерка» апогейного участка

Основная кооперация по проекту:

- А) НПО Машиностроения;;
- Б) ЛОНИИР;
- В) 16 ЦНИИ;
- Г) АО «ИКЦ «Северная Корона»

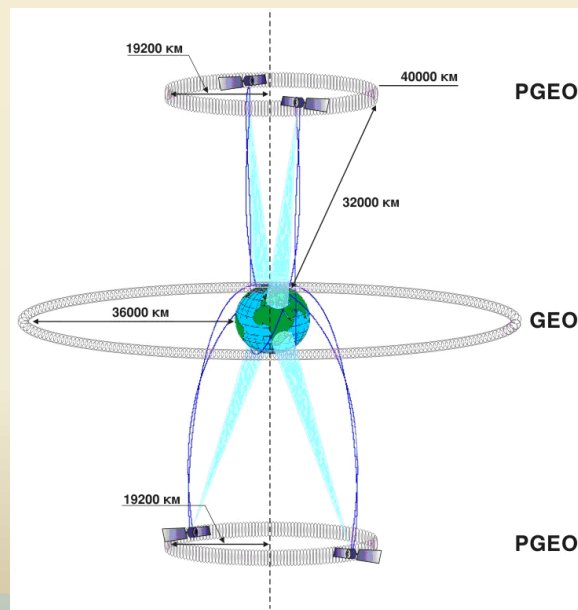


Рис.4 Патент
№ 2223205 (2002 г)

Рис.3 Концепция
формирования
псевдостационарной
орбиты

2020 г - Проект «Экспресс-РВ», тяжелые спутники и псевдостационарная орбита

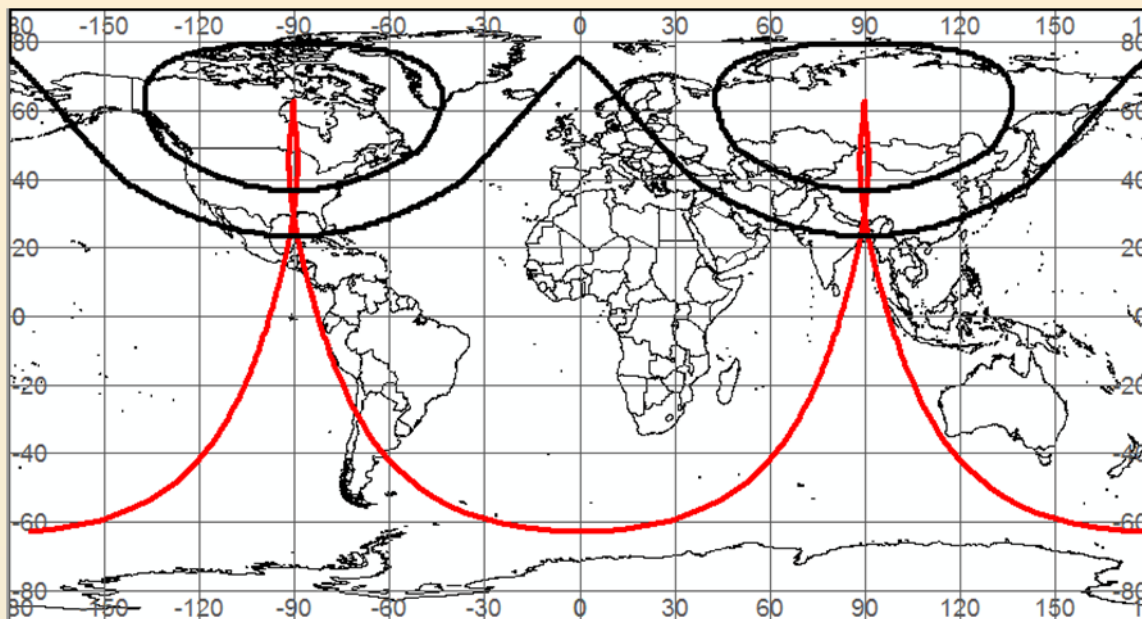


Рис.1 Трасса КА в системе «Экспресс-РВ» и
гарантированные зоны радиовидимости (ГЗРВ) по углам
места 45 град и 60 град

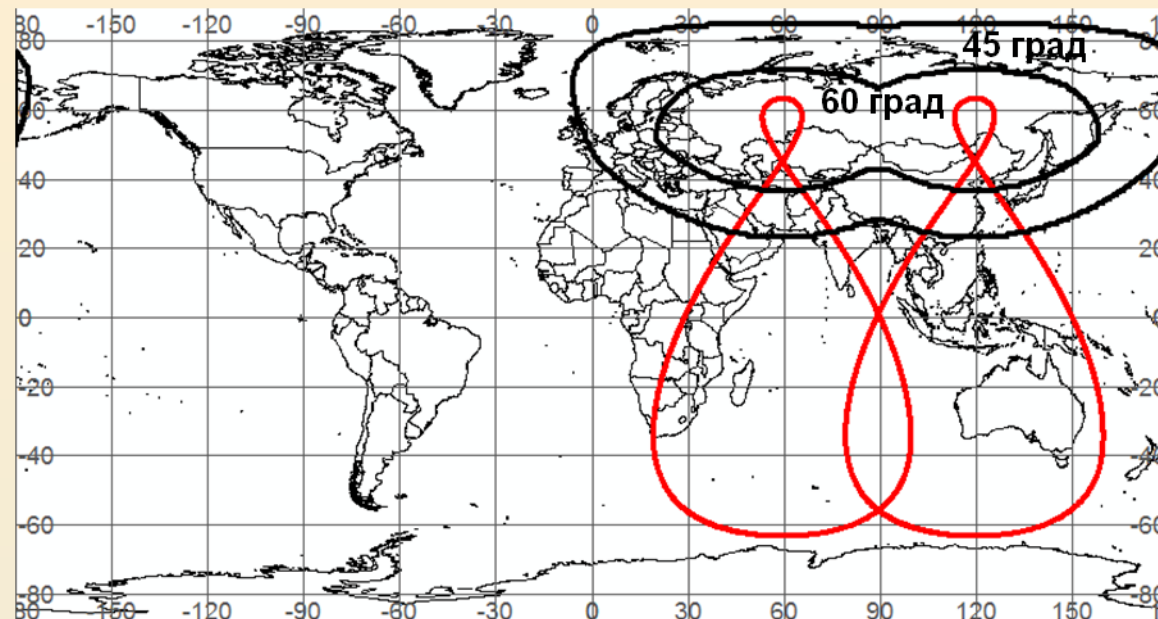
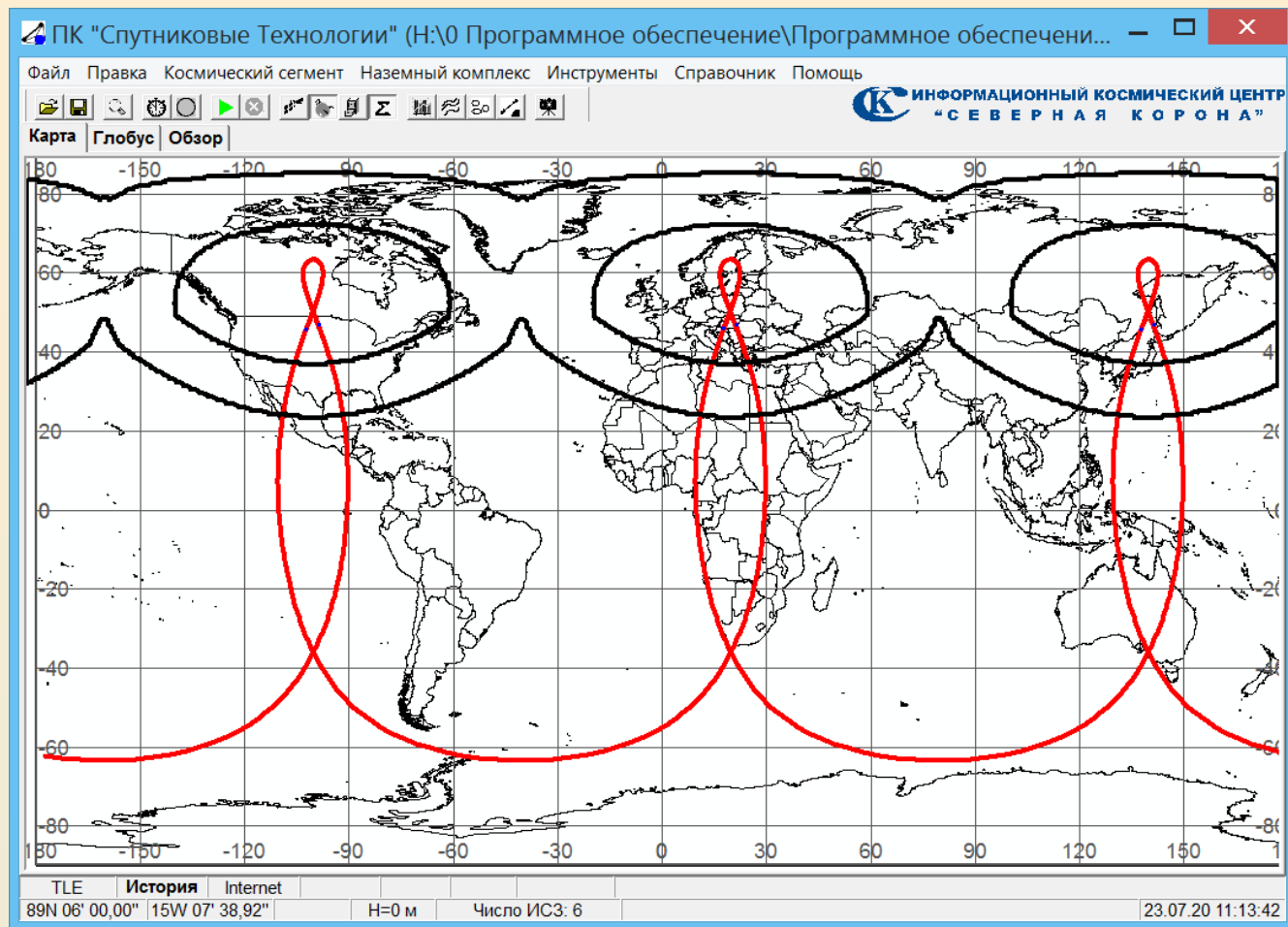


Рис.2 Трасса КА в системе «Росинфоком-ВЭО» и
гарантированные зоны радиовидимости (ГЗРВ) по углам
места 45 град и 60 град

Моделирование систем на НГСО

Гарантированные зоны радиовидимости

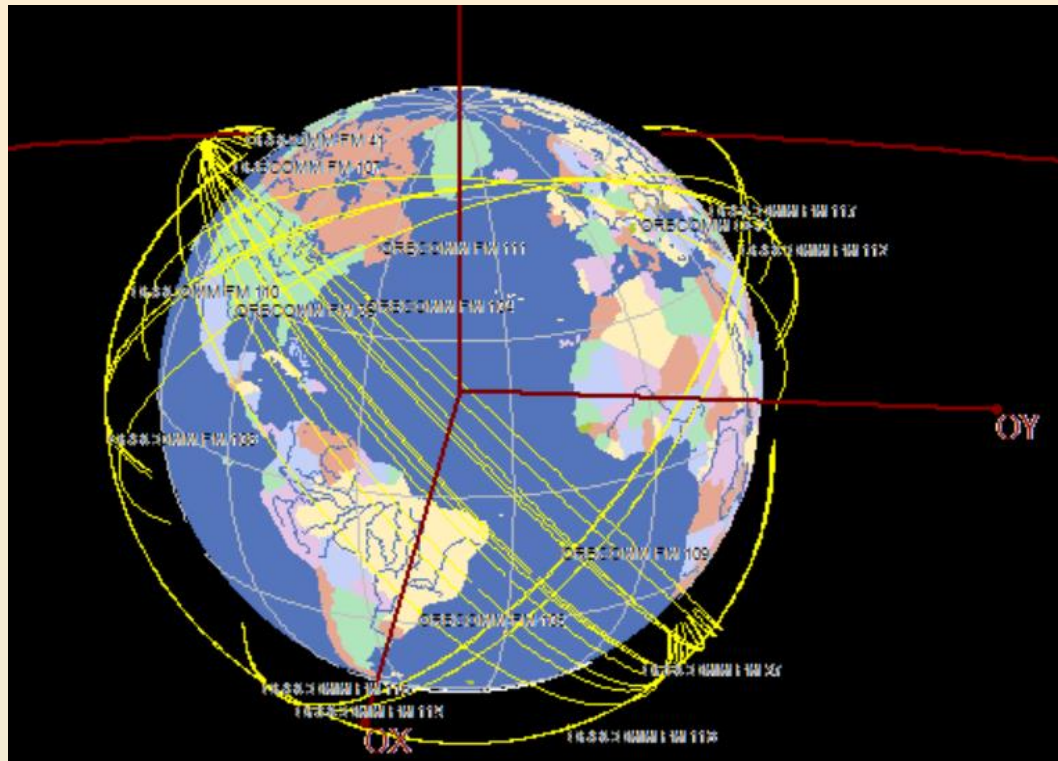


ГЗРВ – одна из ключевых характеристик любой НГСО системы, так как:

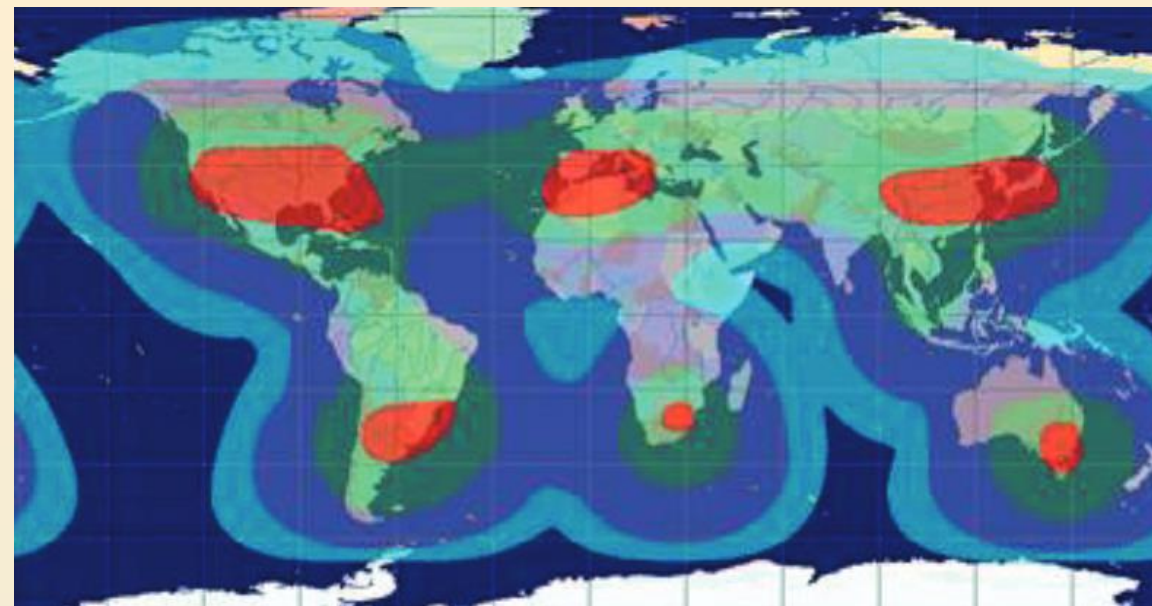
- показывает потенциальные территории обслуживания системы;
- позволяет проводить планирование распределения (статического или динамического) многолучевого покрытия

Рис.1 Система **Space Norway**, трассы КА и ГЗРВ (углы места 45 град и 60 град) системы Space Norway (точки апогея 19 в.д., 139 в.д. и 101 з.д.)

Спутниковая система передачи сообщений Orbcomm

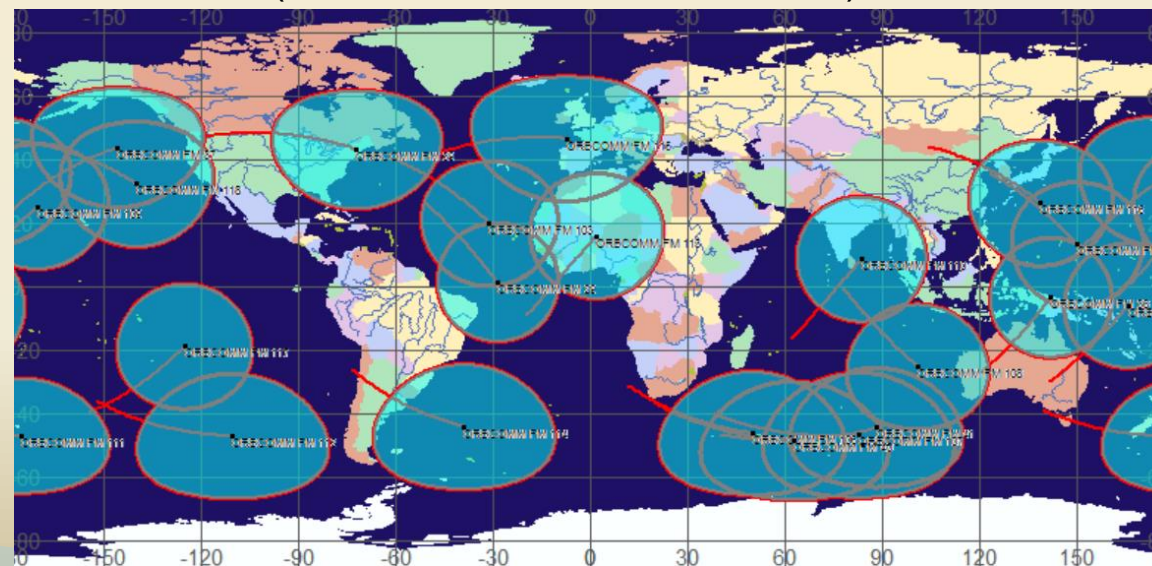


Орбитальная группировка



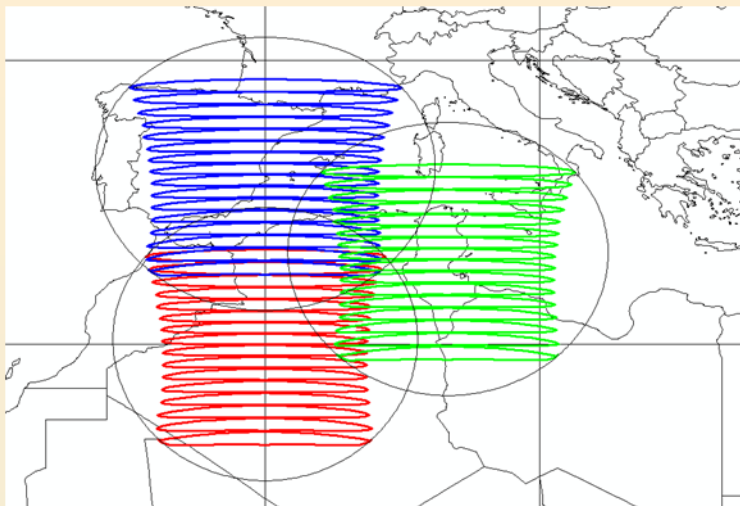
ГЗРВ путем моделирования
(надежность 1, 20, 50 и 70%)

Мгновенная зона
радиовидимости
системы

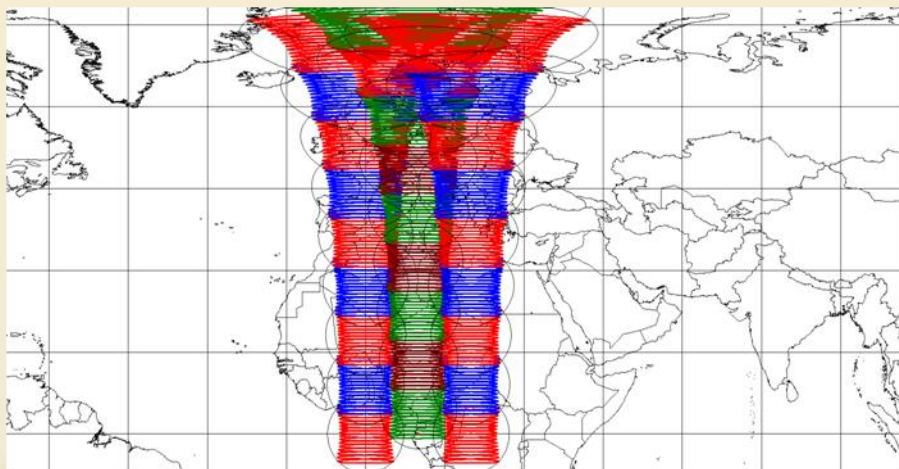


Моделирование систем на НГСО

Многолучевое покрытие

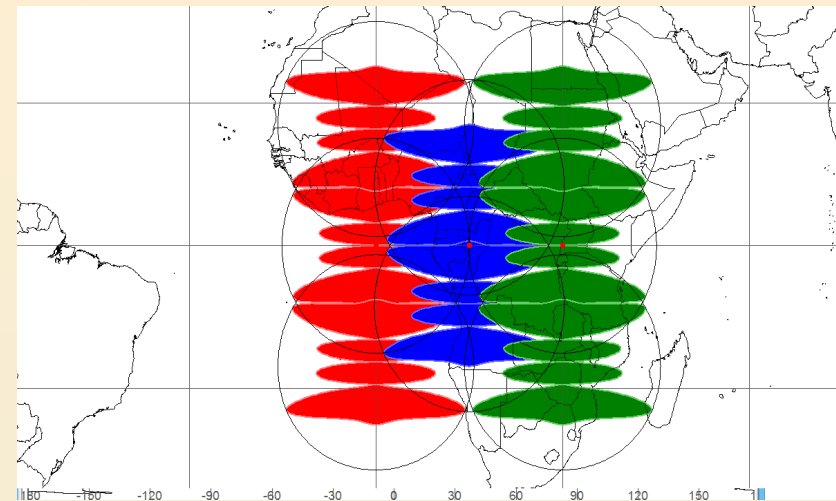


А) на экваторе

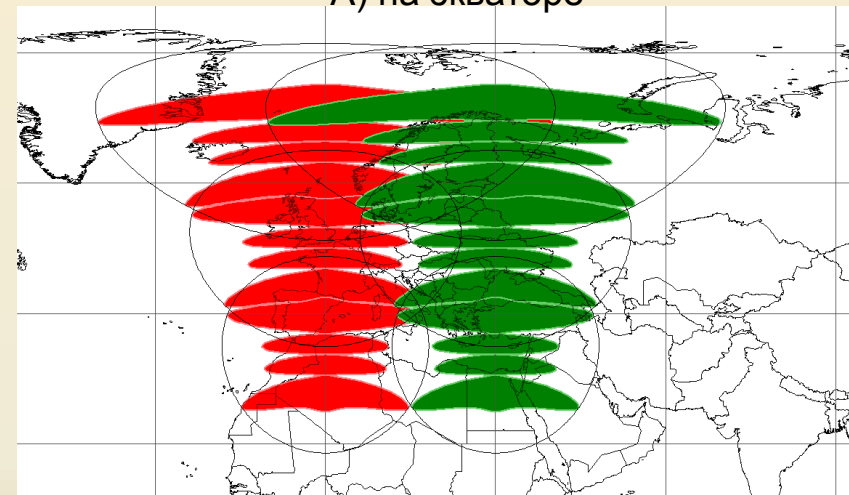


б) в северных широтах

Рис.1 Система OneWeb, анализ
многолучевого покрытия кластера КА



А) на экваторе

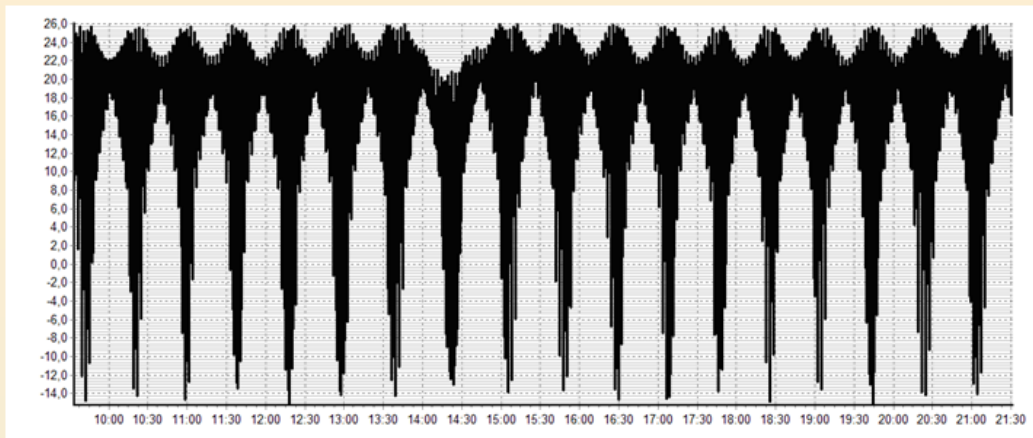


б) в северных широтах

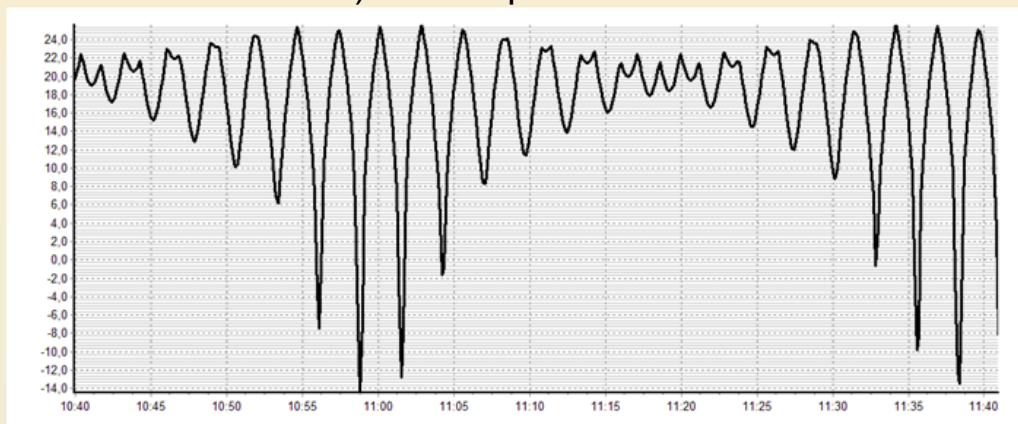
Рис.2 Система «Марафон», анализ
многолучевого покрытия кластера КА

Моделирование систем на НГСО

Оценка ЭМС «ГСО-НГСО» и «НГСО-НГСО»



А) на интервале 12 ч



Б) на интервале 1 ч

Рис.1 Отношение C/I (дБ) на входе приемника абонентской станции (с антенной 40 см) системы «Экспресс-РВ» от спутников системы OneWeb при работе в сопряженной полосе частот

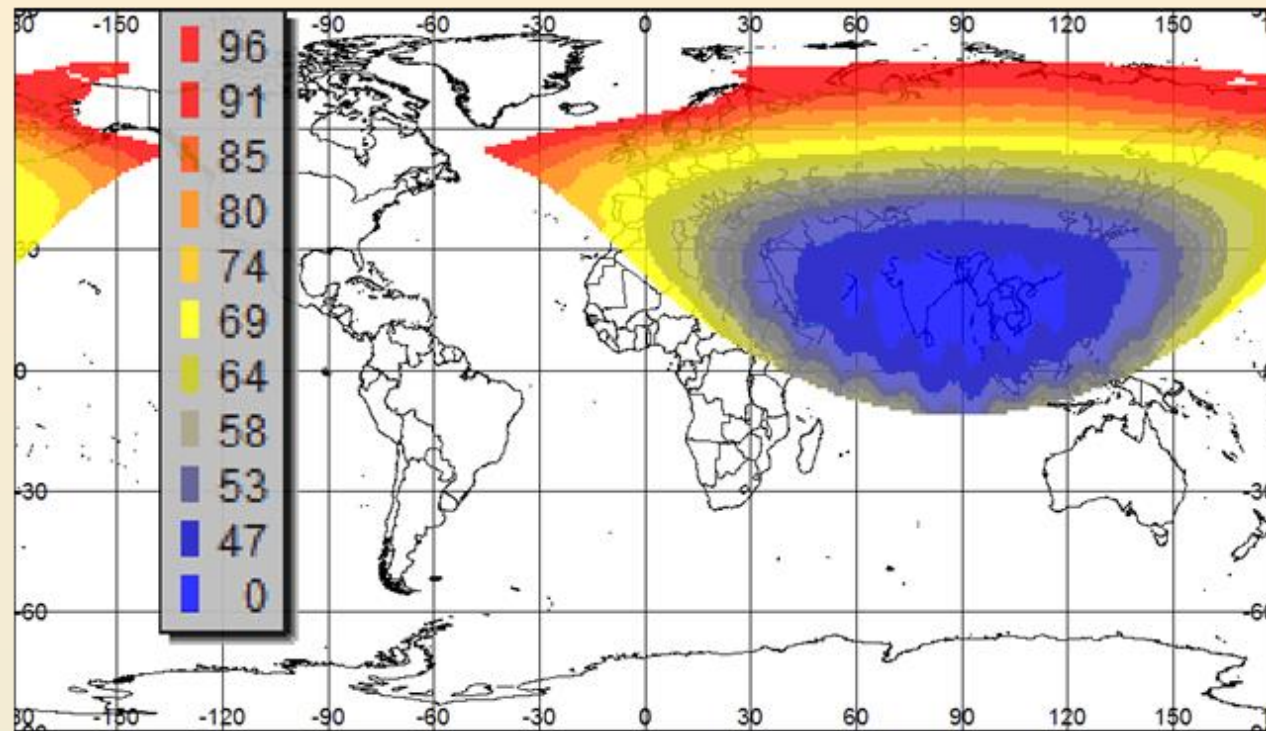
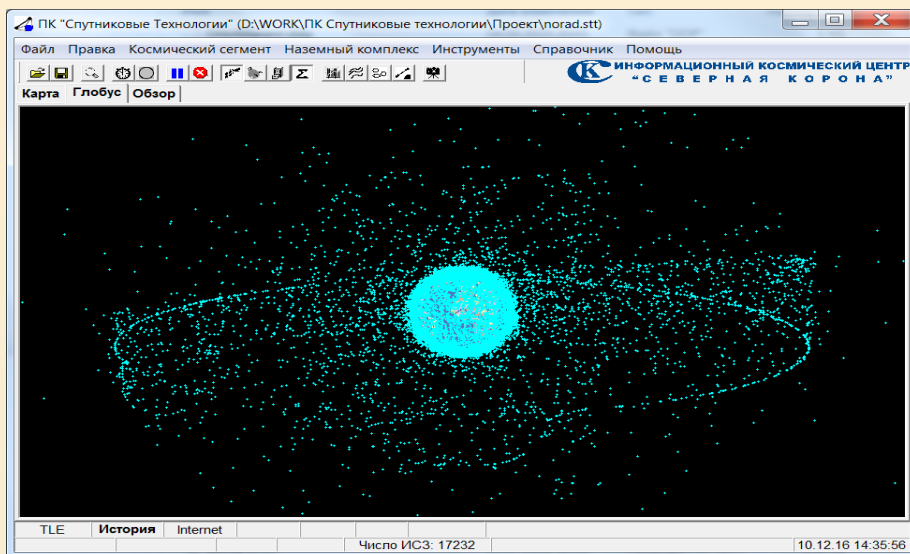


Рис.2 Распределение вероятности помех для абонентской станции с антенной 40 см системы «Экспресс-РВ»

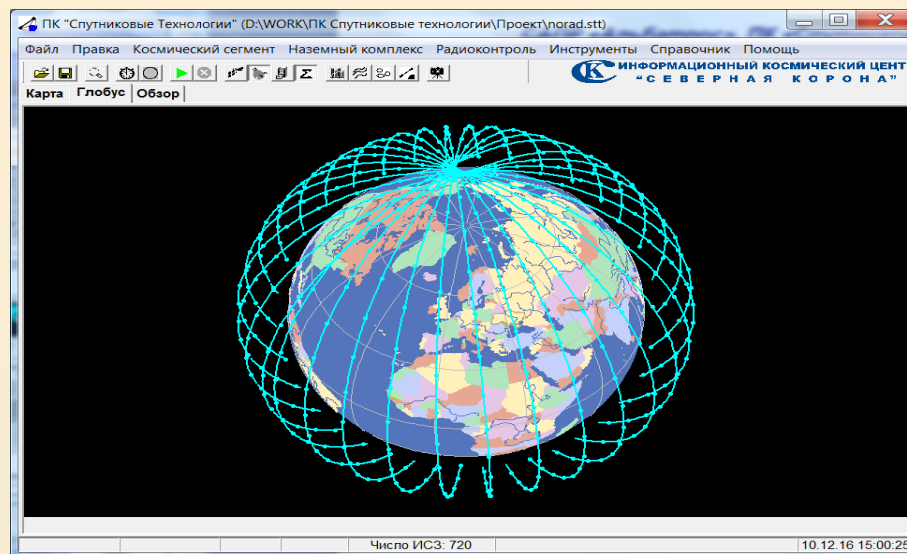


САПР «Альбатрос» - визуализация информации

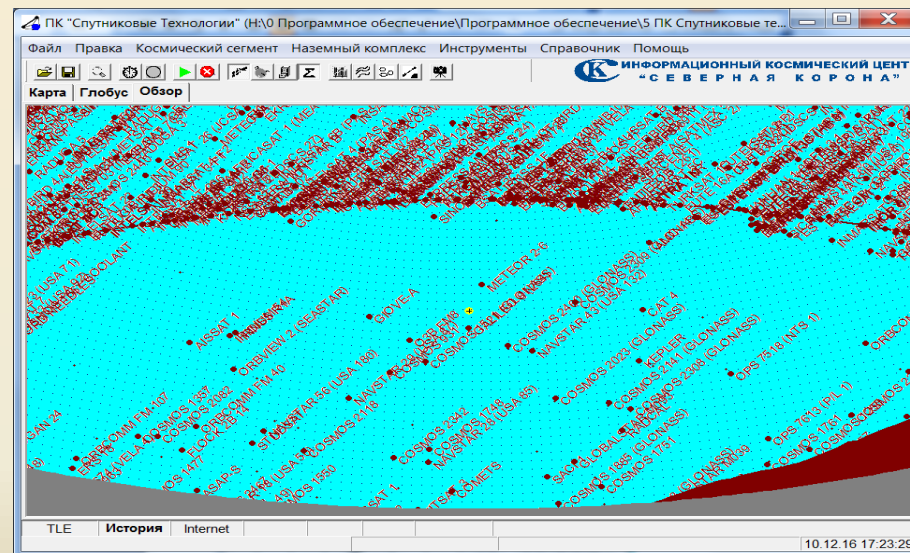
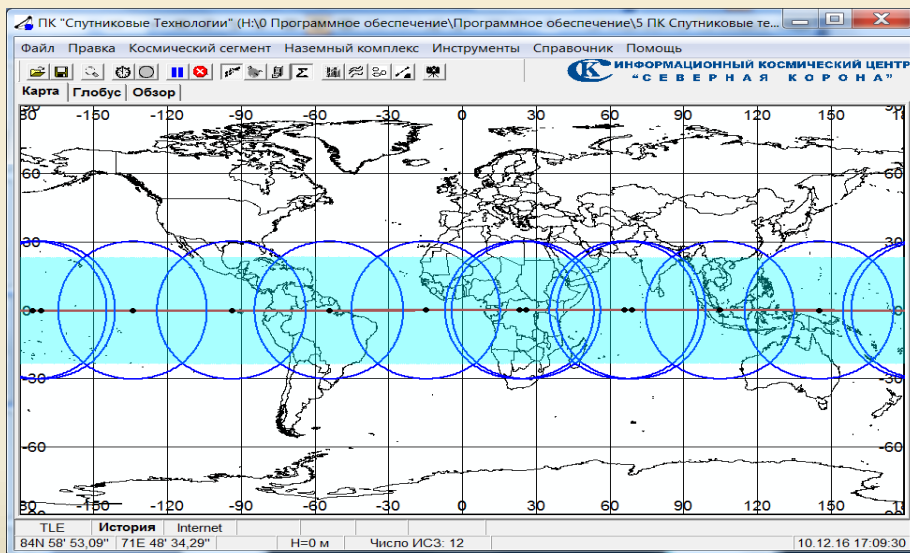
Текущая ситуация
в Космосе
(около 20 тыс. ИСЗ)



Система
OneWeb (проект)



Система ОЗВ



Вид на небо в топоцентрической СК



САПР «Альбатрос»

программный комплекс «Бюджет», версия 3 (текущая)

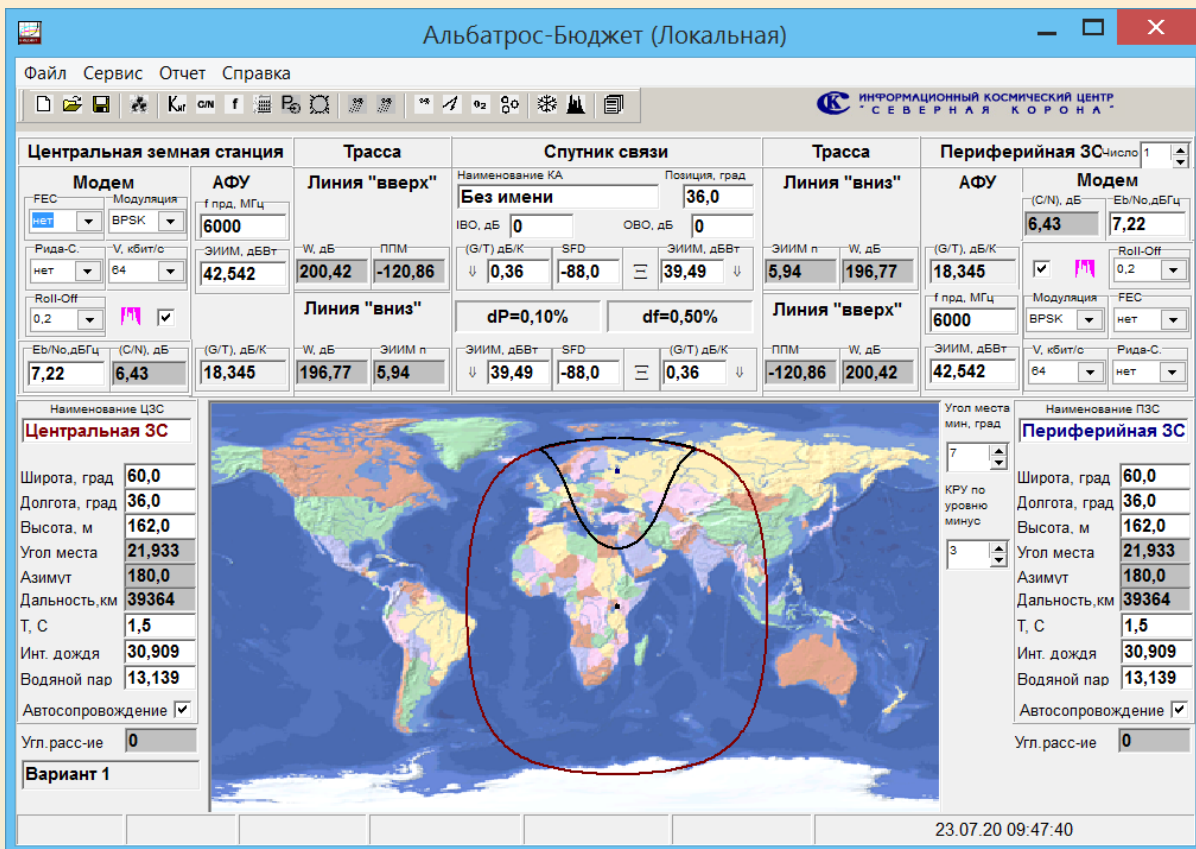


Рис.1 Программный комплекс «Альбатрос-Бюджет»

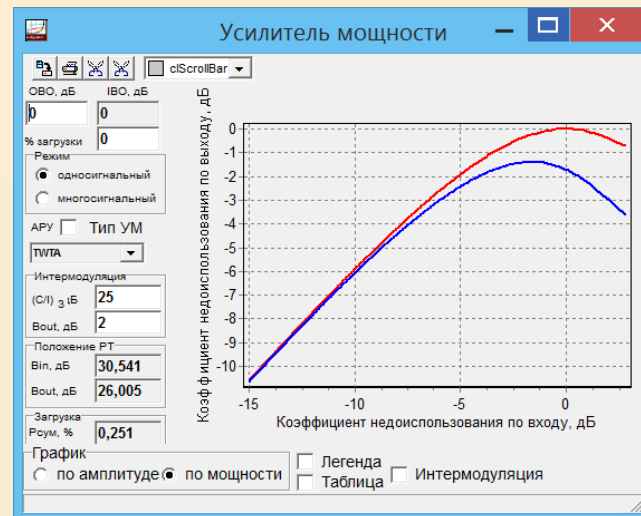


Рис.2 Модель усилителя мощности

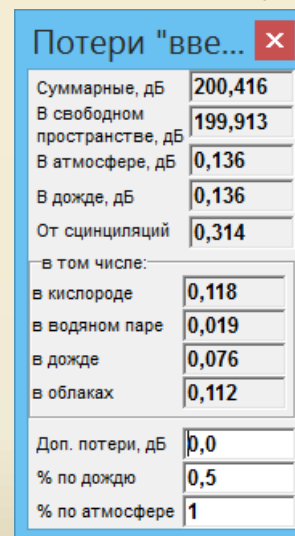


Рис.3 Детализация составляющих потерь (затуханий) на участках «вверх» и «вниз»

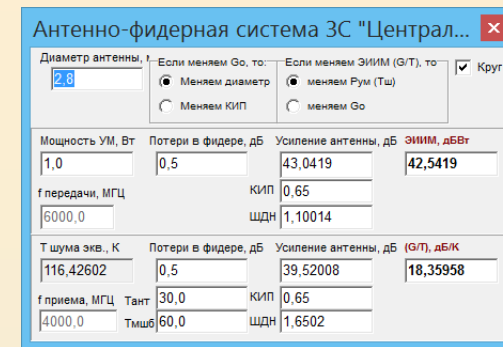


Рис.4 Энергетические характеристики ЗС

Краткая характеристика:

- работа в режиме «точка-точка»
- расчет отношения E_b/N_0 ;
- расчет процента отбора «энергетики» и «полосы»
- моделирование движения КА на любых типах околоземных орбит
- рабочий диапазон частот от 300 МГц до 120 ГГц
- методическая база: Рекомендации БР МСЭ, собственные наработки компании.



САПР «Альбатрос»

интернет-версия ПК «Бюджет» (<http://info.spacecenter.ru>)

Калькуляторы

Потери в свободном пространстве

☐ Частота 300 МГц
☐ Дальность 100 км
☒ Потери 122 дБ

Расчет

Потери на дальности (расчет ППМ)

☐ Дальность 10 км
☒ Потери 91 дБ

Расчет

Параметры покрытия

☐ Высота КА 19100 км
☐ Угол раскрыва 12 град
☒ Угол места, град 65
Наклонная дальность 0 км

Расчет

Мощность шума

К-т шума 12 дБ
Полоса приема 25 МГц
Мощность шума -117.95 дБм

Расчет

дБм - мкВ

Сопротивление нагрузки, Ом 50
Чувствительность:
☐ дБм
☒ мкВ 1

Расчет

Усиление антенны

Частота 10 ГГц
☐ КПД 0.6
☐ D, м 1
☒ G, дБм 38

Расчет

Конвертеры

Частота - Длина волны

☐ Частота 299 МГц
☒ Длина волны 1 м

Расчет

Разы - дБ

☐ Разы 10
☒ дБ 10

Расчет

Мощность

Значение 10 Вт
Результат 10 дБВт

Расчет

Температура

Значение 10 С
Результат 283.15 К

Расчет

дБи - дБд

☐ дБи 0
☒ дБд -2.15

Расчет

Добротность

Т антенны 80 К
Усиление антенны 33 дБм
☐ Потери в фидере 1 дБ
☐ Потери на дупл. 1 дБ
Т МШУ 70 К
Усиление МШУ 60 дБ
☐ Потери в фидере 1 дБ
☐ Т конвертора 1000 К
Т окруж. среды 290 К
Т суммарно 0 К
Добротность 0 дБ/К

Расчет

Энергетика радиолинии

☐ ЭИИМ прд. 34 дБВт
☐ V инф. 30720 Кбит/с
☐ Частота 12000 МГц
☐ Дальность 1400 км
☐ Доп. потери 8 дБ
☐ G/T прм. 11 дБ/К
C/N0 0 дБ
☒ Eb/N0 0 дБ

Расчет

Потери на участке "Земля-Космос"

Частота 12 ГГц
Широта 60 град
Долгота 30 град
Высота над УМ 18 м
Угол места 10 град
Надежность 99.9 %
☐ Старые карты дождей
Потери в атмосфере 0 дБ

Расчет

Рис.1 Калькуляторы и конвертеры

Интернет-версия ПО "Бюджет"

English

Расчет

Значения по умолчанию

Старые карты дождей

Войти

Центральная ЗС

Антенна

Долгота, град 90
Широта, град 0
Диаметр, м 2

Модем

V инф. Кбит/с 2048
Модуляция QPSK
FEC 1
Roll-Off 0.2
Заним. полоса, МГц 0
V слия., Кбод/с 0

Тракт ПРД

Р ум, Вт 10
Потери АВТ, дБ 1
КПД антенны 0.6
G антенны, дБи 0
ЭНИМ, дБВт 0

Тракт ПРМ

Потери АВТ, дБ 1
КПД антенны 0.6
G антенны, дБи 0
Т шум ант., К 10
Т шум МШУ, К 80
(G/T), дБ/К 0

Координаты

Широта, град 60.063
Долгота, град 30.246
Высота над УМ, м 0

Радио-климатич. параметры

R дождя (0.01%), мм/ч 0
Н 0-изотерм, км 0
Плотность в п., гр/м3 0
Температура, С 0

Наведение антенны

Угол места, град 0
Азимут, град 0
Дальность, км 0

Спутник связи

Высота, км 35790

Ствол 1

F прм, МГц 14250
(G/T), дБ/К 12
ИВО, дБ 6
SFD, дБВт/м2 -80
Полоса, МГц 36

F прд, МГц 12625
ЭНИМ, дБВт 52.7
ОВО, дБ 3
NPR, дБ 16

Круговая левая ☐ АРУ ☐ Круговая правая ☐

P = 0% F = 0%

Ствол 2

F прм, МГц 0
ЭНИМ, дБВт 52.7
ОВО, дБ 3.6
NPR, дБ 16

F прд, МГц 0
(G/T), дБ/К 7
ИВО, дБ 10
SFD, дБВт/м2 -80

Круговая правая ☐ АРУ ☐ Круговая левая ☐

P = 0% F = 0%

Дополнительные потери, надежность

Правое направление

Линия вверх: Доп. потери, дБ 0; Надежность, % 99.9
Линия вниз: Доп. потери, дБ 0; Надежность, % 99.9

Обратное направление

Линия вверх: Доп. потери, дБ 0; Надежность, % 99.9
Линия вниз: Доп. потери, дБ 0; Надежность, % 99.9

Результаты расчета

	Пр.	Обр.
(Eb/No) (чистое небо), дБ	0	0
(Eb/No) (дождь на ЦЗС), дБ	0	0
(Eb/No) (дождь на ПЗС), дБ	0	0
(Eb/No) (дождь везде), дБ	0	0
Отбор энергии, %	0	0
Отбор полосы, %	0	0

Периферийная ЗС

Антенна

Диаметр, м 1

Модем

V инф. Кбит/с 256
Модуляция QPSK
FEC 1
Roll-Off 0.2
Заним. полоса, МГц 0
V слия., Кбод/с 0

Тракт ПРД

Р ум, Вт 1
Потери АВТ, дБ 1
КПД антенны 0.6
G антенны, дБи 0
ЭНИМ, дБВт 0

Тракт ПРМ

Потери АВТ, дБ 1
КПД антенны 0.6
G антенны, дБи 0
Т шум ант., К 10
Т шум МШУ, К 80
(G/T), дБ/К 0

Координаты

Широта, град 54
Долгота, град 40
Высота над УМ, м 0

Радио-климатич. параметры

R дождя (0.01%), мм/ч 0
Н 0-изотерм, км 0
Плотность в п., гр/м3 0
Температура, С 0

Наведение антенны

Угол места, град 0
Азимут, град 0
Дальность, км 0

Рис.2 Интернет-версия ПК «Альбатрос-Бюджет» (версия 3)

САПР «Альбатрос»

программный комплекс «Бюджет», версия 4.0 (новая версия)

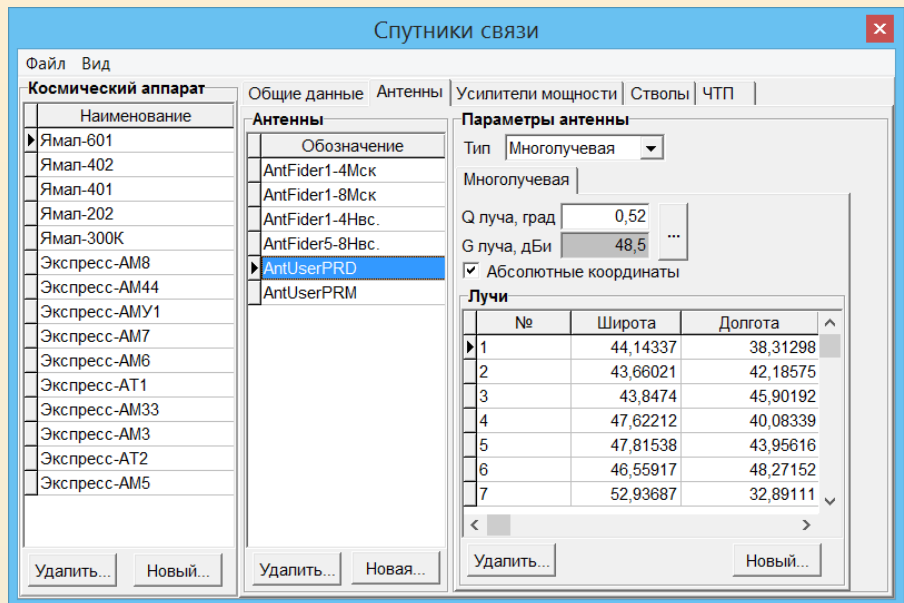


Рис.1 Ввод данных по бортовым антеннам: зеркальные однолучевые, многолучевые, профильные

Новые возможности:

- работа в режиме «точка-точка» и «точка-зона»
- возможность детального описания структуры КА и БРТК;
- возможность ведения базы данных КА на ГСО
- моделирование работы АСМ (система адаптивной модуляции и кодирования)
- высокая степень автоматизации расчетов (встроенные ЦКМ)

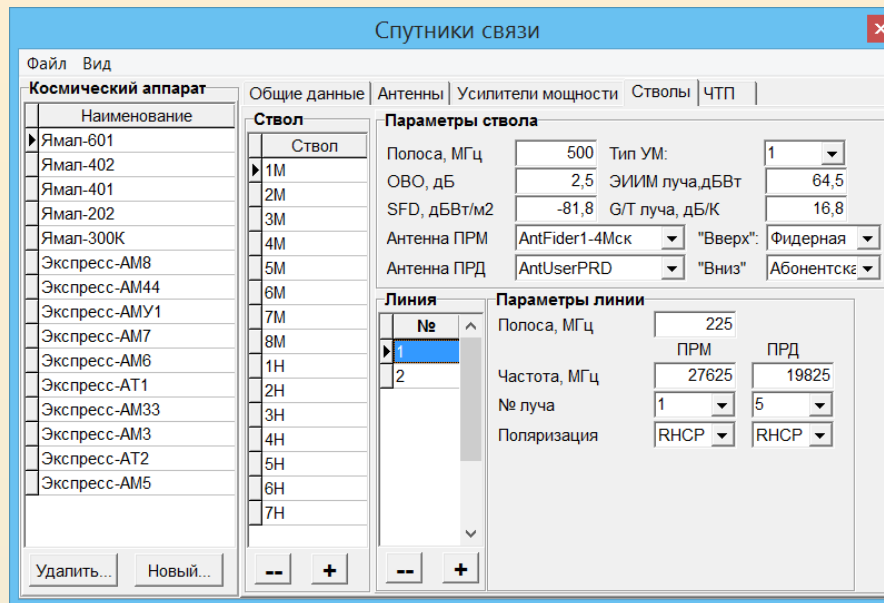


Рис.2 Конфигурирование транспондеров: подключение антенн, лучей (один или несколько на УМ), указание основных характеристик

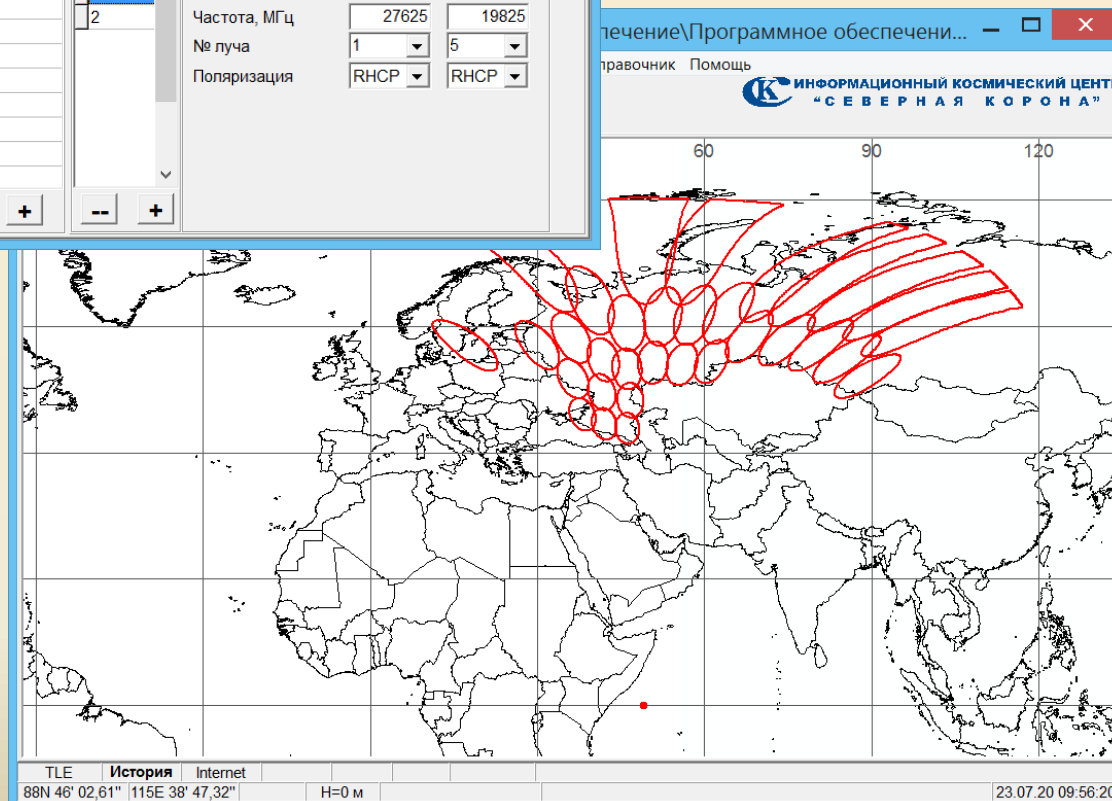
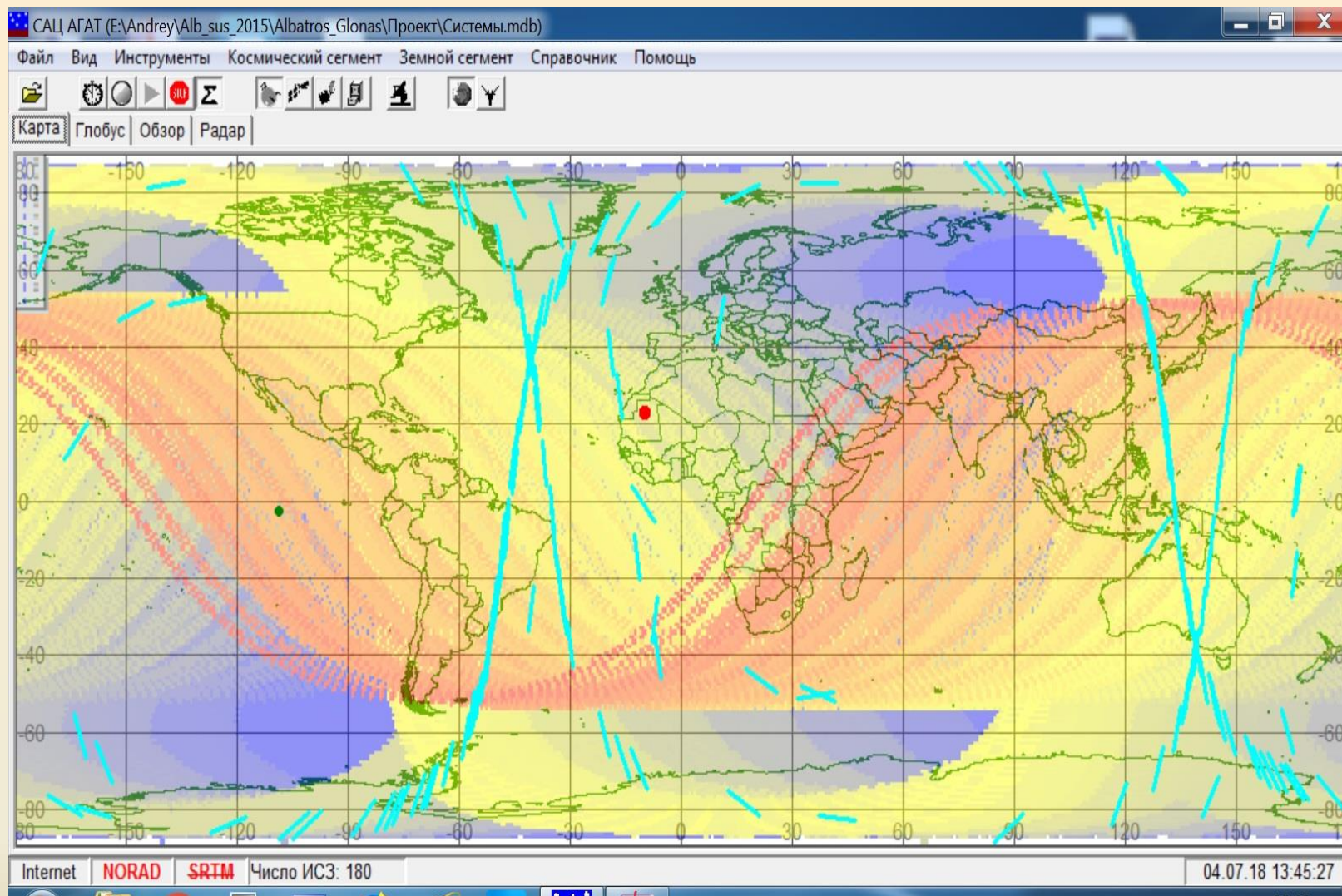


Рис.3 Построение зон покрытия по заданному критерию

Пример: оценка минимального, максимального и среднего временных интервалов прохода КА разнородной группировки ДЗЗ территории Земли с учетом углов захвата целевой аппаратуры. Цвет – значение интервала времени





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