

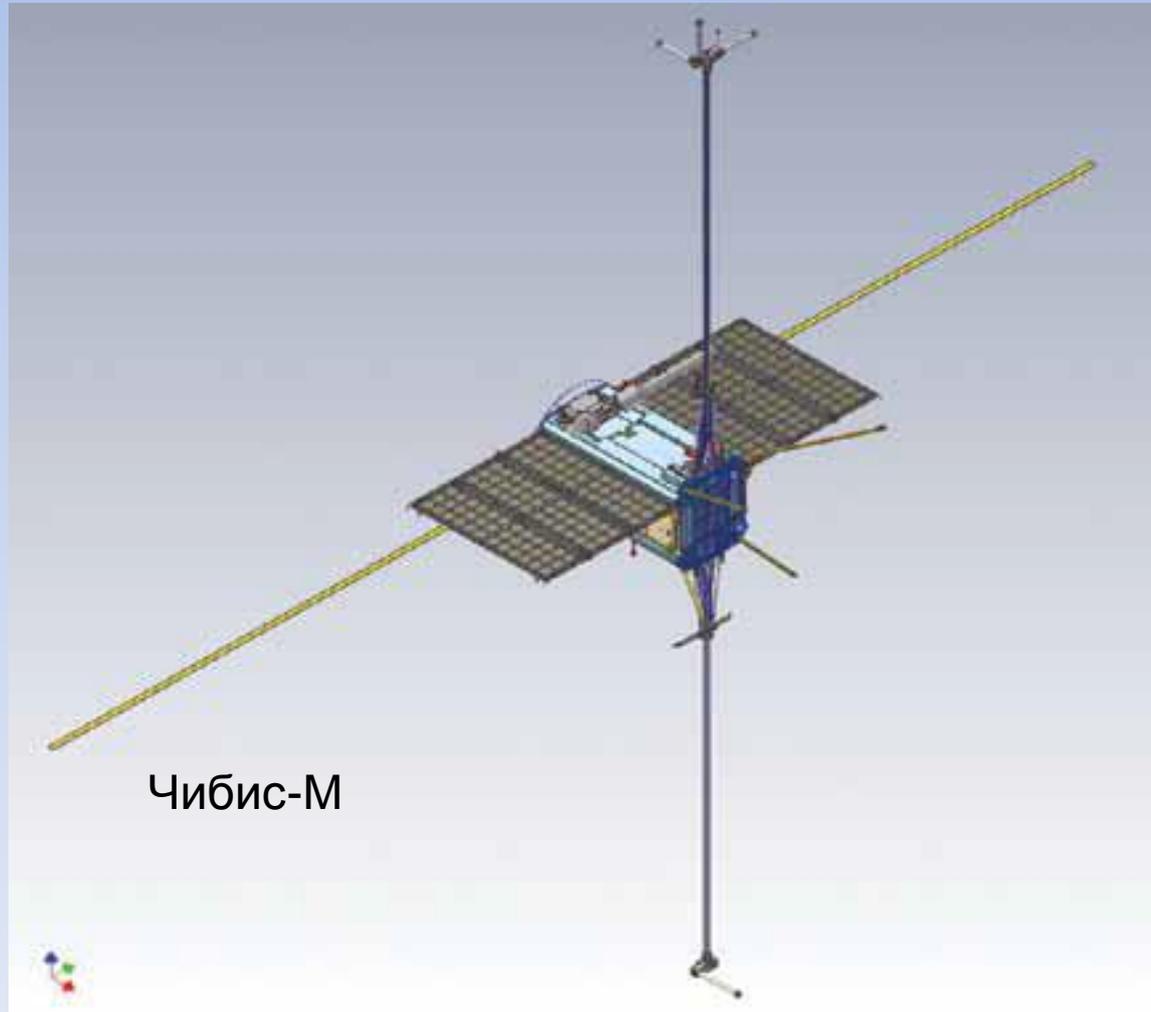
**Космический эксперимент RWIS
(Radio Waves Ionosphere Sensing) по
измерению ионосферных задержек
сигнала КА «Чибис-АИ» с целью
диагностики ионосферной плазмы и
уточнения данных спутниковых
навигационных систем**

*Александр Косов,
от имени проекта «Чибис-АИ»*

Содержание

- Прибор ПБК (передатчик быстрого канала);
- Эксперимент RWIS;
- Измеряемые величины, карта ТЕС;
- Расчеты потенциала системы и точности измерений;
- Наземный приемник для проведения эксперимента RWIS;
- Параметры приемника и точность измерений.

Чибис-АИ, передатчик быстрого канала, прибор ПБК



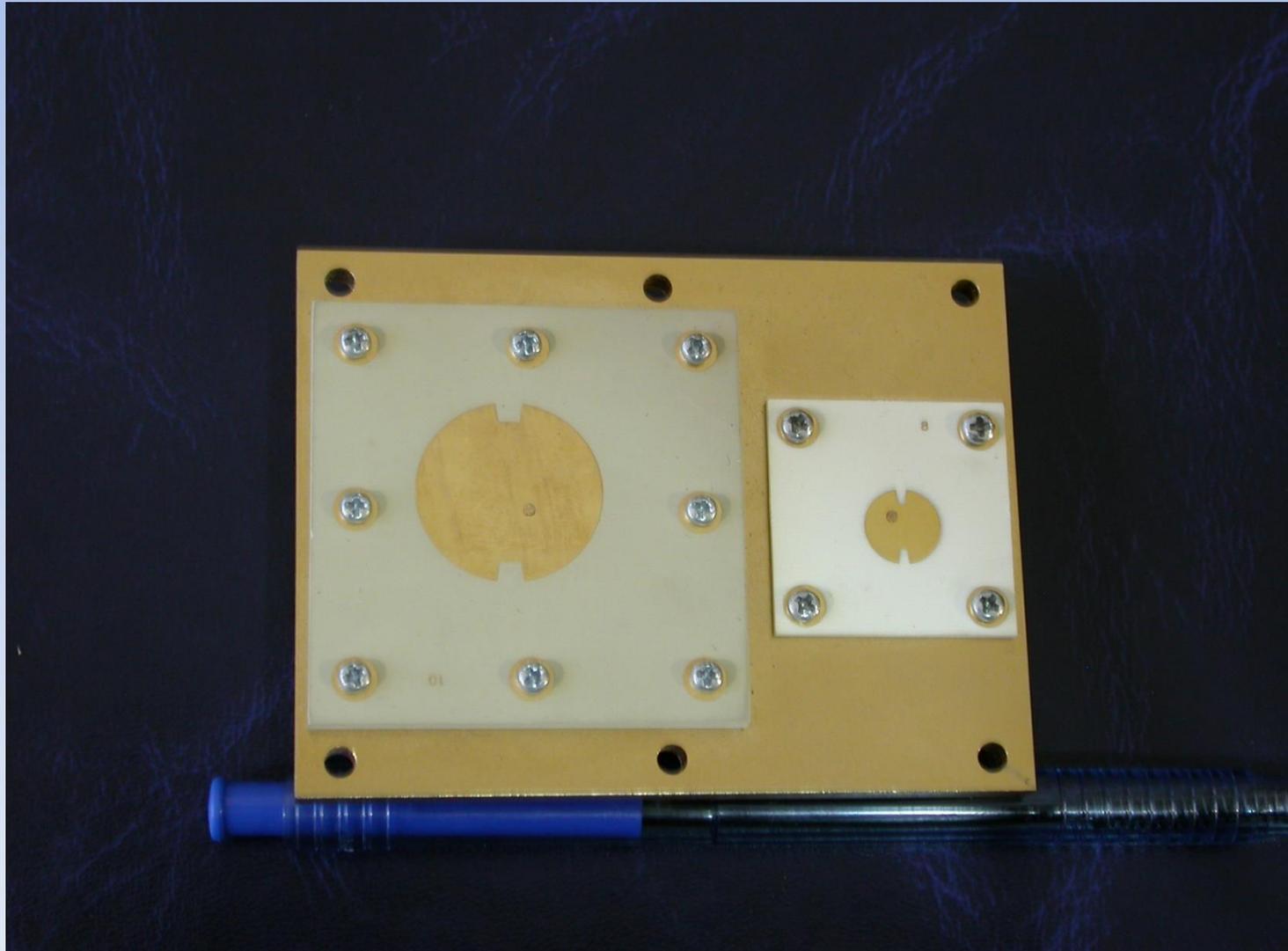
Прибор ПБК – передатчик научной информации

Диапазон частот	S: 2,27 ГГц	X: 8,4 ГГц	Примечание
Излучаемая мощность	2 Вт	2 Вт	
Конус излучения по уровню G=1.	120 градусов	120 градусов	
Поляризация излучения	Круговая, правая	Круговая, правая	
Тип модуляции	QPSK	QPSK	Intelsat, V.35 standard
Максимальная скорость передачи информации, Мбит/сек	4	2	Расстояние 3000 км, $BER \leq 10^{-6}$
Максимальное энергопотребление, Вт	10	15	
Масса блока электроники не более	300 г		
Масса блока антенн не более	200 г		

Прибор ПБК – передатчик научной информации



Прибор ПБК – передатчик научной информации



Прибор ПБК, эксперимент RWIS

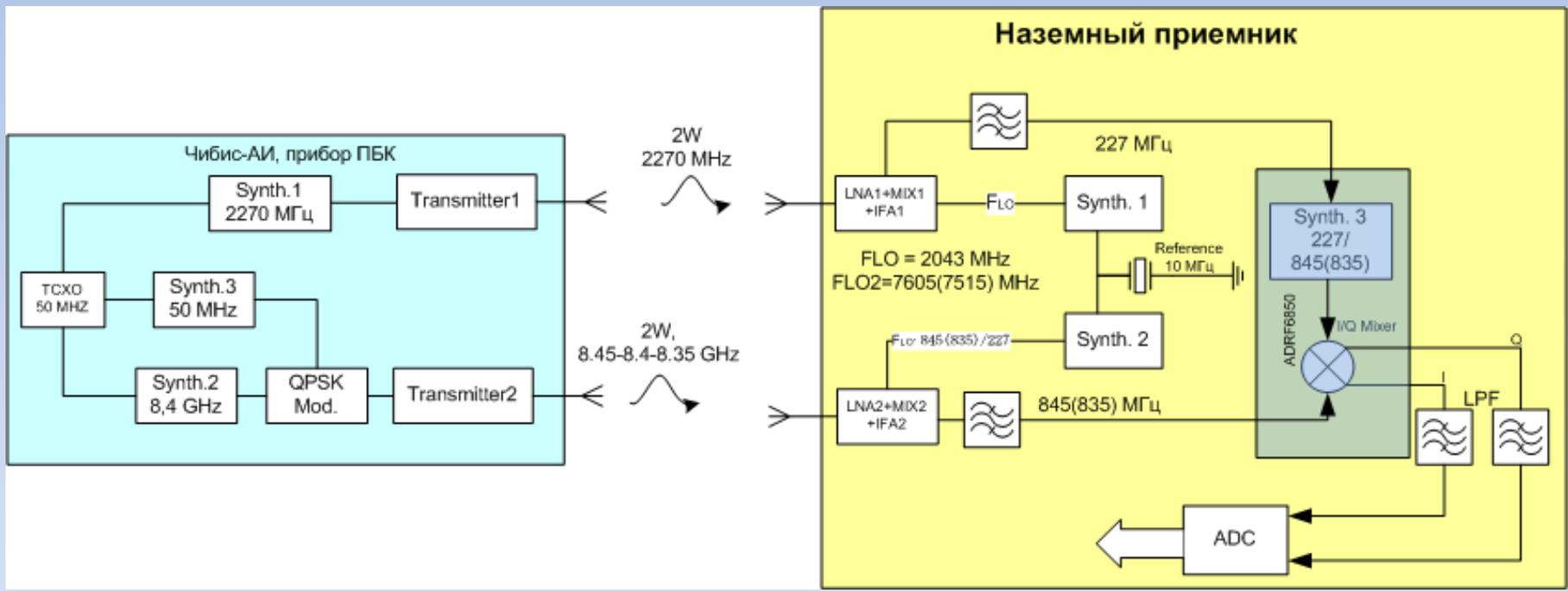
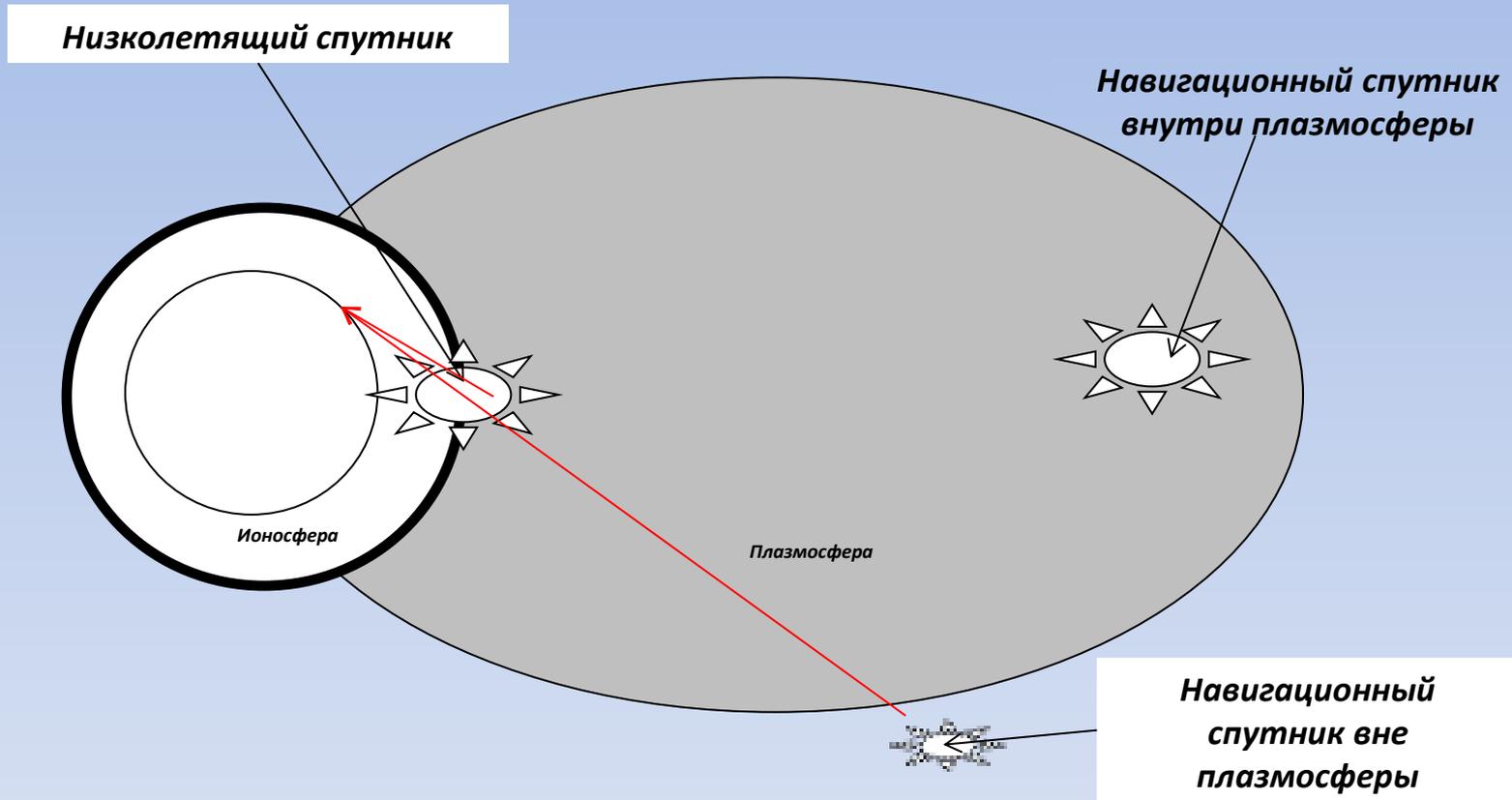


Схема эксперимента RWIS



Научные задачи:

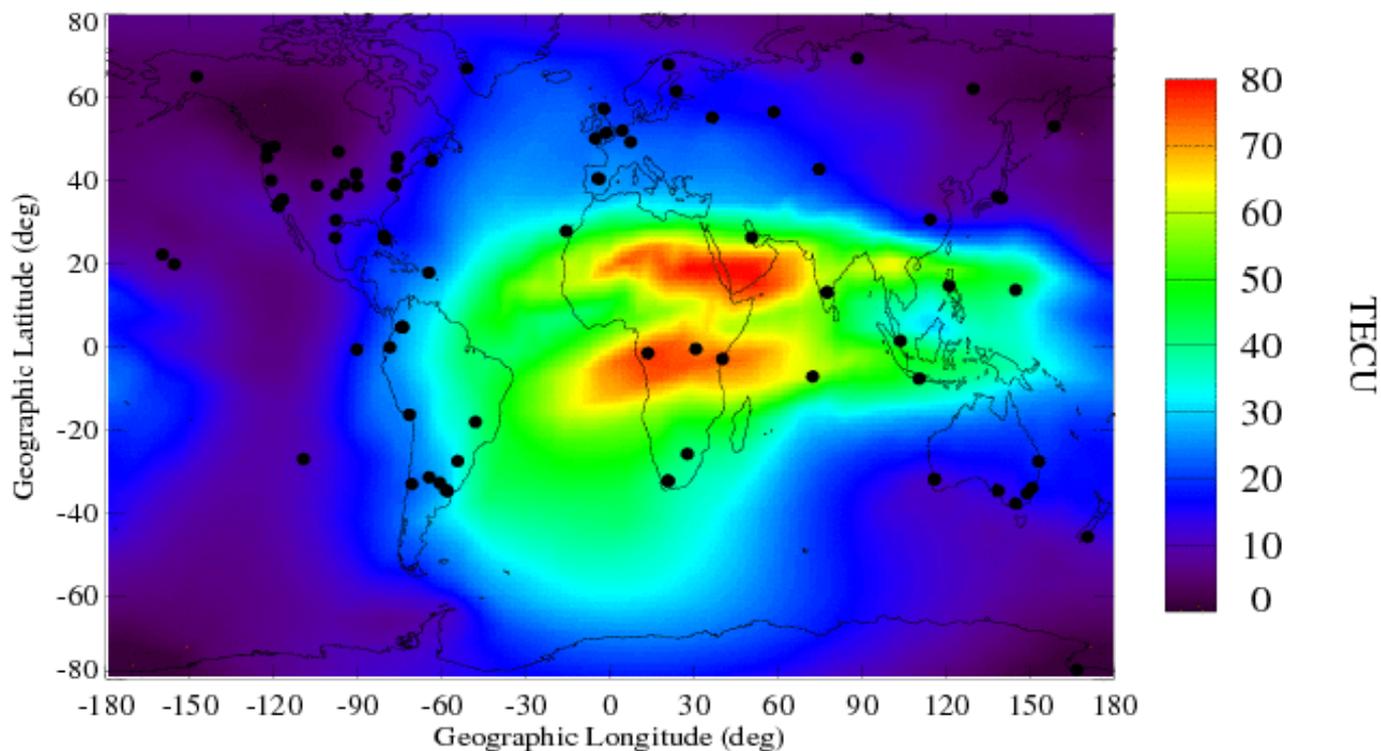
- определение параметров магнитосферной плазмы;
- по разности магнитосферной ТЭК определение положения плазмопаузы – границы плазмосферы

Карта ТЕС на Земле

(1TECU = 10^{16} electrons/m²)

10/11/13
12:50 UT

Ionospheric TEC Map



• GPS Receiver

Измеряемые величины

- Для зондирования используются сигналы на следующих частотах:
- $F_1 = 2270$ MHz;
- $F_2 = 8450$ MHz, $F_3 = 8400$ MHz, $F_4 = 8350$ MHz.
- Ионосферная задержка равняется:

$$\Delta\tau = \frac{40.3 \times TEC}{cf^2} \quad \text{секунд;}$$

Значения измеряемых величин

Измерение задержек планируется выполнять путем измерения сдвига фазы между сигналами на частотах F2, F4 и сигналом на частоте F1, умноженным на коэффициент 845/227 либо 835/227.

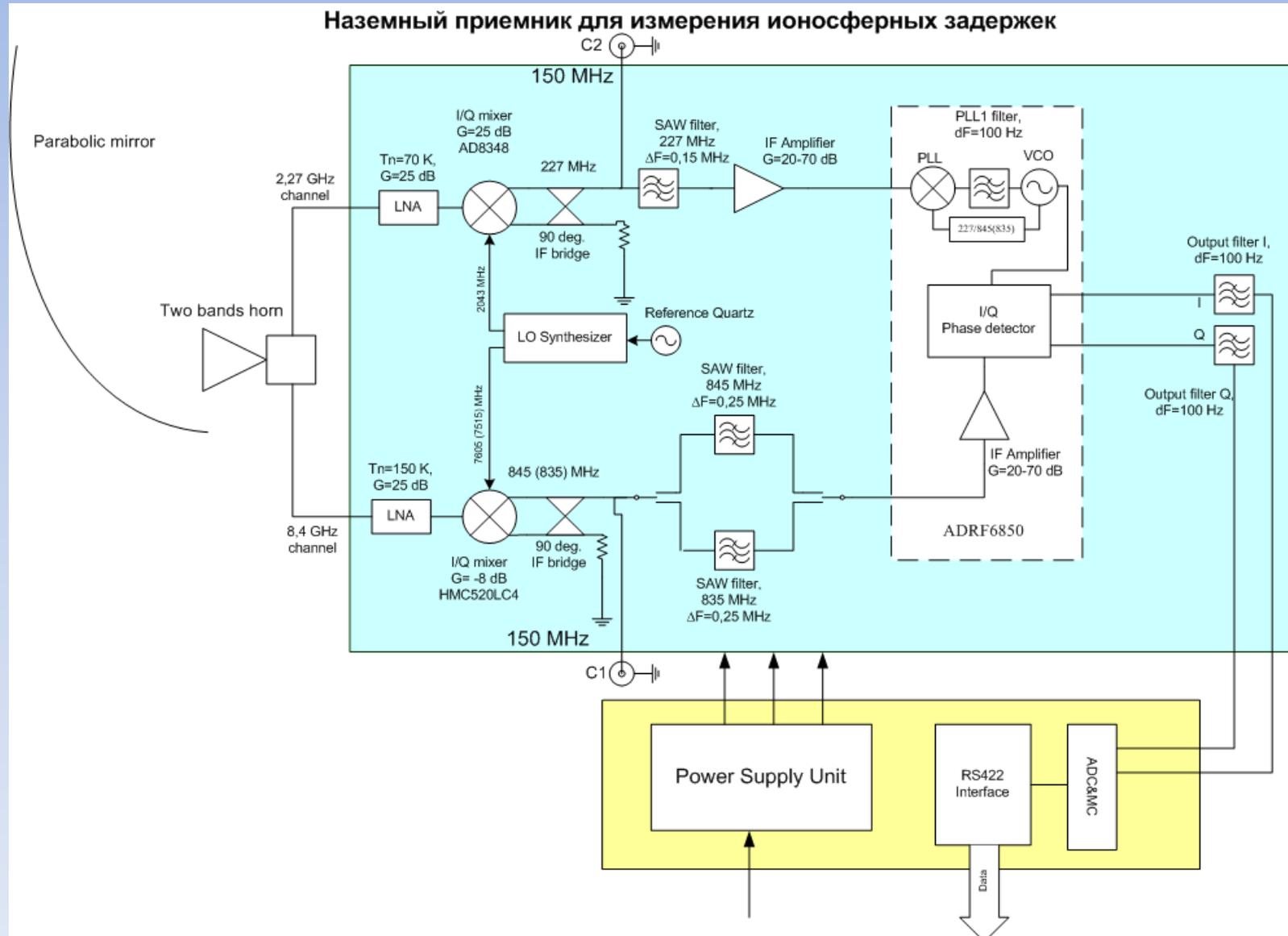
- $\Delta\varphi_2 = 2\pi F2 \cdot (\Delta\tau_1 - \Delta\tau_2) = 12,79 \cdot \text{TECU}, \text{ rad}, 729 \text{ TECU deg.};$
- $\Delta\varphi_4 = 2 \cdot \pi \cdot F4 \cdot (\Delta\tau_1 - \Delta\tau_4) = 12,63 \cdot \text{TECU}, \text{ rad}, 720 \text{ TECU deg.};$
- $\Delta\varphi_0 = (\Delta\varphi_2 + \Delta\varphi_4)/2 = 12,71 \cdot \text{TECU}, \text{ rad}, 724,5 \text{ TECU deg.};$
- $\Delta\varphi_R = \Delta\varphi_2 - \Delta\varphi_4 = 0,16 \cdot \text{TECU}, \text{ rad}, 9 \text{ TECU deg.};$

Расчет потенциала системы и точности измерения фазы

Параметр	Передатчики		Модулятор
Частота	2,27 ГГц	8,4 ГГц	50 МГц
Некоррелированная флуктуация фазы синтезаторов в полосе 0.1 Hz - 100 Hz, градусы.	0.04 degrees rms	0.14 degrees rms	0.02 degrees rms

Наземный приемник

Наземный приемник для измерения ионосферных задержек



Параметры приемника и расчет потенциала линии

Параметр	Значение	
Частота	2270 MHz	8400 MHz
Площадь антенны, м ² (Supral СТВ-3,7)	10	10
Минимальная входная мощность (излучение под углом 60 градусов, дальность 3000 км), Вт	$1,6 \cdot 10^{-13}$	$1,6 \cdot 10^{-13}$
Эквивалентная шумовая температура на входе приемника, К	150	250
Изменение частоты сигнала за счет эффекта Доплера, кГц	±60	±220
Сигнал/шум на выходе следящего PLL, входе фазового детектора в полосе 100 Гц, дБ, мин	53,3	55,6
Максимальная флуктуация фазы на выходе ФД за счет тепловых шумов, некоррелированных флуктуаций фазы первого гетеродина и следящей ФАПЧ в полосе 0.1 Hz - 100 Hz, градусы,	0.25 degrees rms	
Точность определения фазы демодулятором ADRF6850	0.25 degrees rms	
Суммарная неточность определения фазы, градусы	0.36 degrees rms	

Точности измерения

Точность измерения $\Delta\varphi_2$, $\Delta\varphi_4$ и $\Delta\varphi_0$ можно оценить как 3 градуса, что составляет 8σ (σ равно **rms** фазы на выходе фазового детектора). По критерию 8σ точность измерения содержания электронов может быть 0,004 TECU на шкале в 0,5 TECU. Измерение $\Delta\varphi_R$ позволяет проводить измерения с точностью 0,3 TECU на шкале 40 TECU. Зондирование на трех частотах позволит получить высокую точность, 0,004 TECU на шкале 0,5 TECU, и одновременно произвести грубые измерения на шкале 40 TECU с точностью 0,3 TECU. Измерения на двух шкалах позволят получить высокую точность измерений и устранить неопределенность в измерениях, связанную с периодичностью фазы.

Будущие работы по радио просвечиванию

- Установка приемника на МКС либо на другой КА
- Реализация эксперимента VROE проекта Венера-Д. Аналогичен MROE: передатчик на орбитальном аппарате, приемник на субспутнике. Научные задачи:
 1. Изучение динамики ночной ионосферы Венеры в зависимости от параметров солнечного ветра и солнечной активности и относительной роли локальной ионизации и конвекции ионосферной плазмы с дневной стороны на ночную.
 2. Определение связи между процессами в ионосфере, термосфере и нижней атмосфере на дневной и ночной стороне Венеры (коллапс термосферы и т.п.)

Спасибо за внимание

Приглашаем к сотрудничеству:

- Постановка научной задачи.
- Участие в проведении КЭ.
- Обработка и интерпретация данных эксперимента.