

ИССЛЕДОВАНИЯ ИОНОСФЕРЫ МЕТОДОМ ТРАНСИОНОСФЕРНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ В РГУ

Этот метод диагностики ионосферной плазмы предложен в РГУ, разрабатывался с 1973 года, реализован, опробован в экспериментах с ИСЗ «Интеркосмос-19», «Космос-1809» и может использоваться для оперативного контроля параметров внутренней ионосферы в зонах, не обслуживаемых станциями вертикального зондирования. Аппаратная реализация и сам метод защищены 5 авторскими свидетельствами, обеспечен комплект алгоритмов и программ и позволяет определять $n_e(h)$ профили внутренней ионосферы по данным спутникового вертикального зондирования (СВЗ) и ТИЗ на расстояниях до 1000 км от наземного пункта.

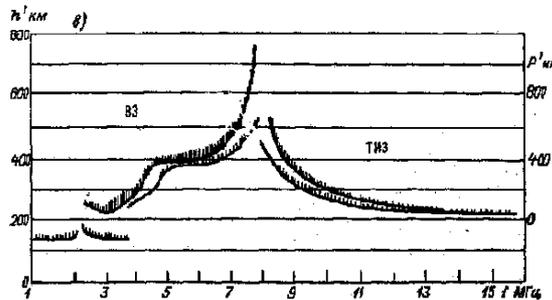
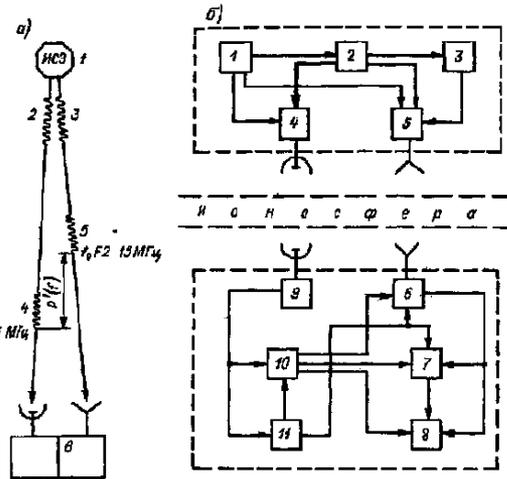


Рис. 1. Принципиальная схема (а), функциональная схема (б) и комплексная ионограмма (в) ВЗ и ТИЗ.

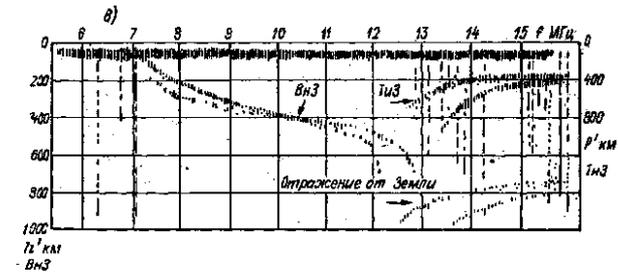
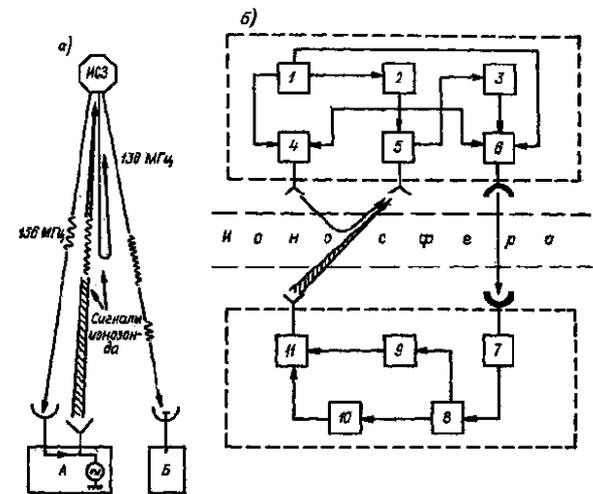
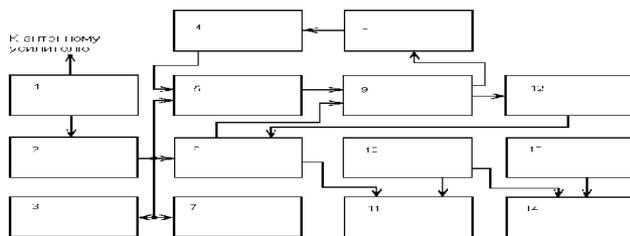


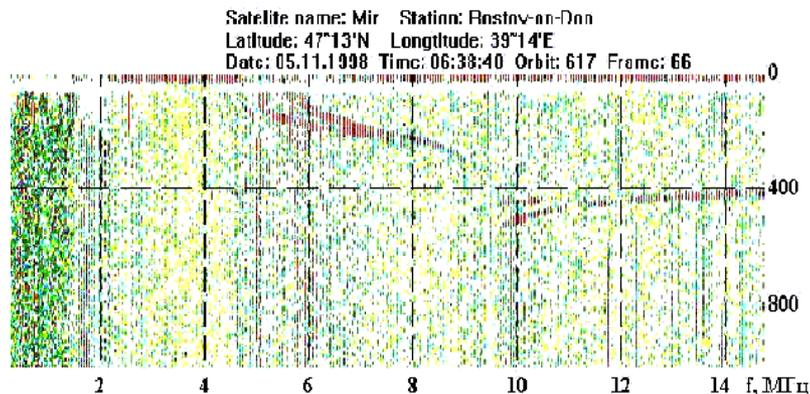
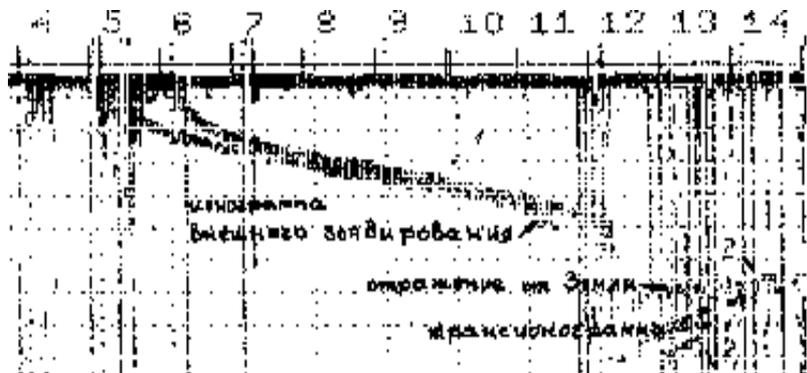
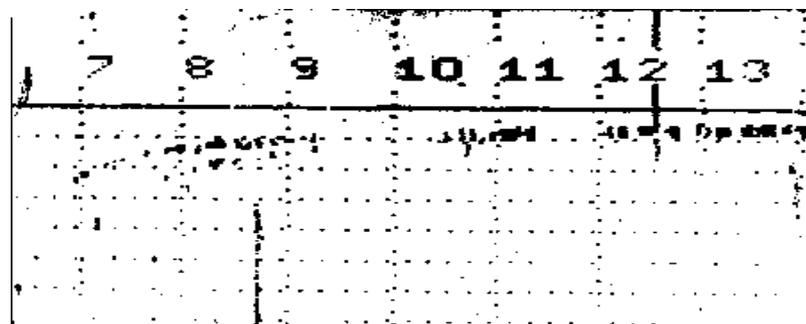
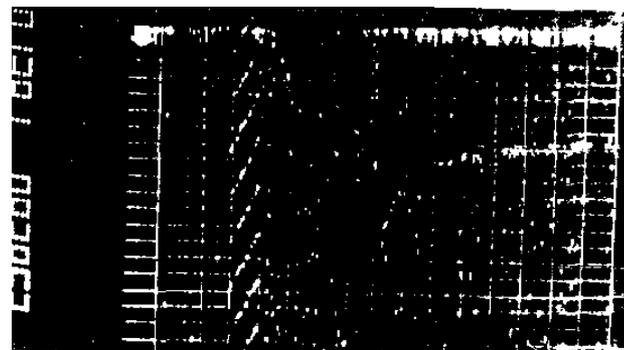
Рис. 2. Принципиальная схема (а), функциональная схема (б) и комплексная ионограмма (в) ВнЗ и ОТИЗ.

Экспериментальные трансionoграммы

Структура аппаратуры для наземного и спутникового зондирования на п. Ростов



1 - Радиоприемное устройство РЗ13-М2; 2 - Частотный (фазовый) детектор; 3 - Магнитограф Н046; 4 - Радиоприемное устройство РЗ99-А; 5 - Модуль АЦП; 6 - Синхронизатор; 7 - Контрольный осциллограф; 8 - Плата управления радиоприемным устройством РЗ99-А; 9 - Персональный компьютер синхронизации и регистрации; 10 - Радиоприемное устройство "Парус"; 11 - Персональный компьютер управления радиоприемным устройством "Парус"; 12 - устройство цифрового вывода; 13 - Радиопередающее устройство "Парус"; 14 - Контрольный осциллограф.



Метод основан на измерении относительных групповых задержек импульсных радиосигналов в ионосфере.

$$\Delta P' = c * \Delta \tau$$

$$P'(f) = \int_0^f \mu' [f, \Phi_{N_p}(s)] ds$$

$$P'(f) \Rightarrow n_e(h)$$

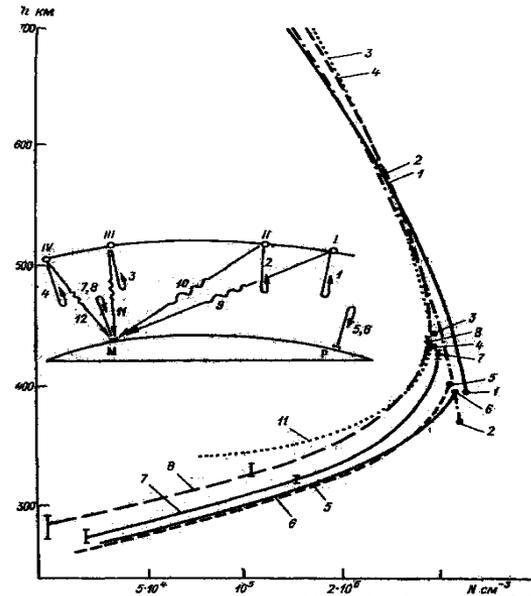
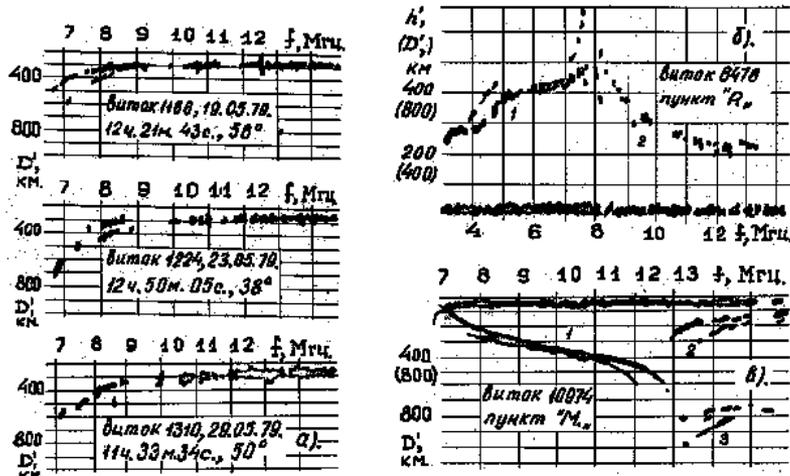


Рис. 3. Результаты определения $N(h)$ -профилей методами Виз (1-4) и ТИЗ (9-12) с ИСЗ «Интеркосмос-19» (виток № 1319), методами ВЗ на ст. Ростов-на-Дону (5, 6), Москва (7, 8), 30 мая 1979 г. 1-IV - положения ИСЗ.

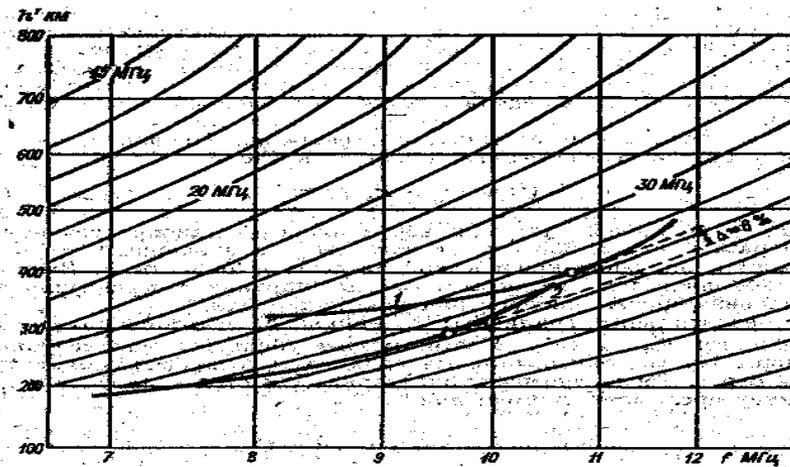
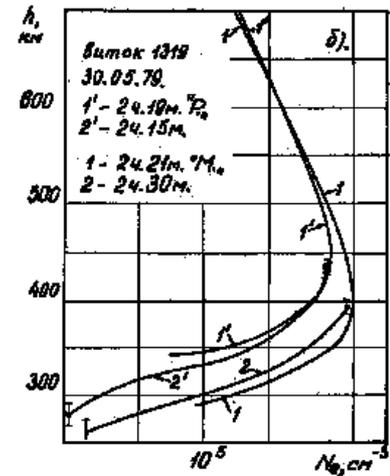
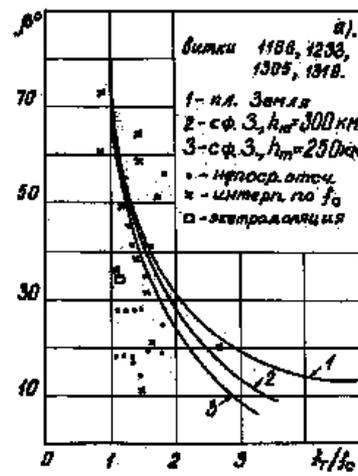
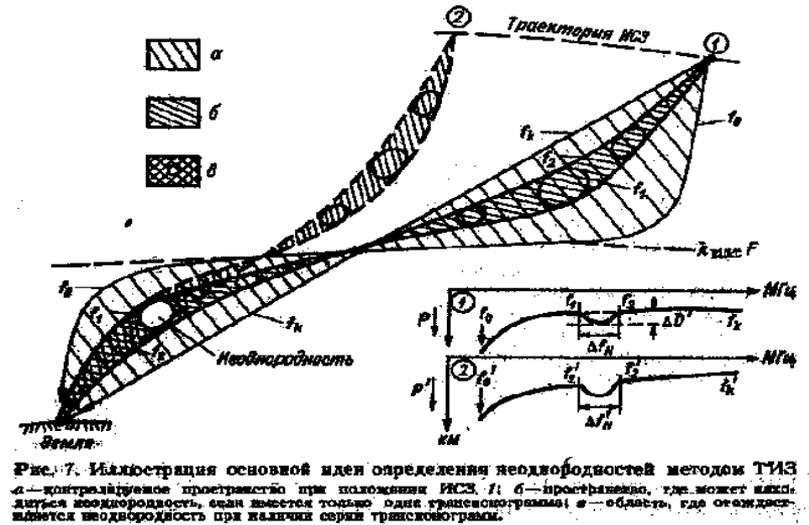
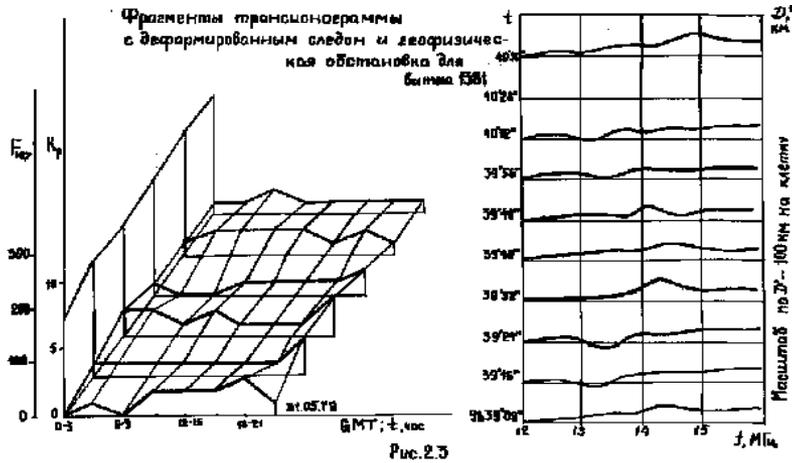


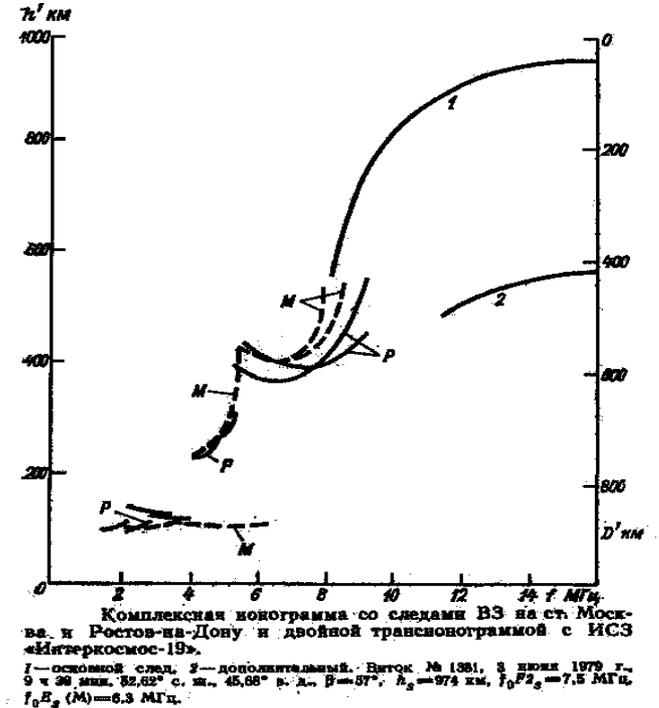
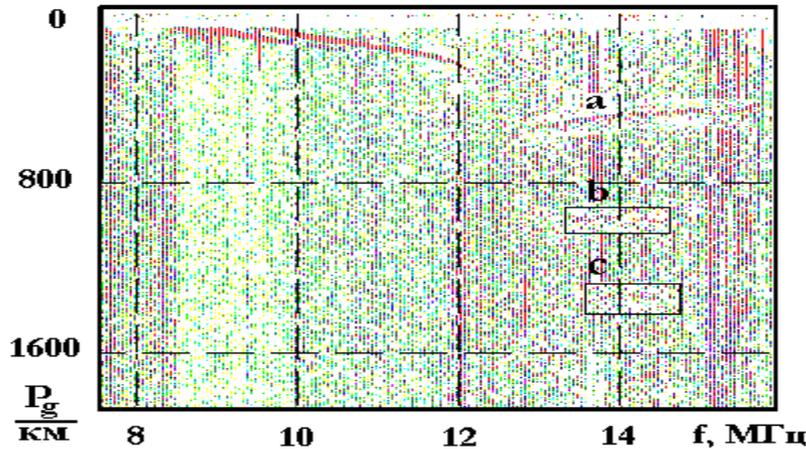
Рис. 4. Определение МПЧ методом ТИЗ (1) и стандартным методом (2).



Методом ТИЗ исследуются эффекты распространения радиоволн на границе радиопрозрачности ионосферы.



Satellit: Mir Station: Rostov
 Latitude: 36°06'N Longitude: 53°50'E
 Date: 03.03.1999 Time: 09:28:49 Orbit: 2474



ПОВЫШЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗРЕШЕНИЯ ПРИ СПУТНИКОВОМ ИОНОСФЕРНОМ ЗОНДИРОВАНИИ

И. И. ИВАНОВ, С. В. ЖУРАВЛЕВ

Рассматривается возможность повышения пространственного разрешения при спутниковом ионосферном зондировании для определения тонкой структуры квазиволновых возмущений верхней ионосферы.

ИСХОДНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

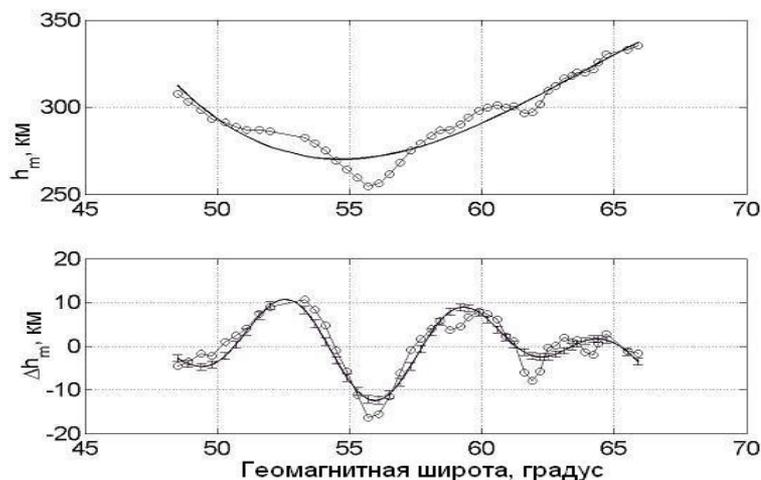


Рис. 1. Аппроксимация высоты максимума h_m области F полиномом 3-й степени (верхний рисунок) и ее отклонений Δh_m от тренда двумя гармониками (нижний рисунок). Кривые с кружками – исходные данные; сплошные линии – результаты аппроксимации.

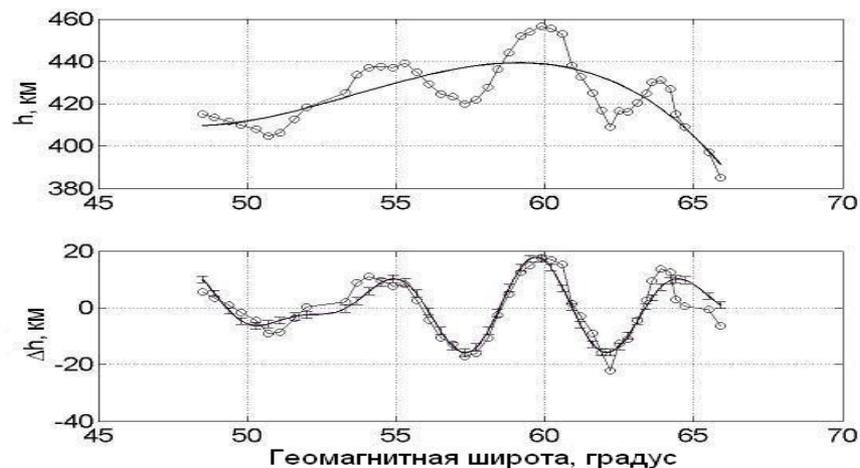


Рис. 2. Аппроксимация высоты h для изоэлектронной линии с $N=3 \times 10^5 \text{ см}^{-3}$ полиномом 3-й степени (верхний рисунок) и ее отклонений Δh от тренда двумя гармониками (нижний рисунок). Кривые с кружками – исходные данные; сплошные линии – результаты аппроксимации

Маркер и НК-100 мс

«0»0.25

ЧМ 0.25

СИ 0.5

Имп ПРД и

эхо 8



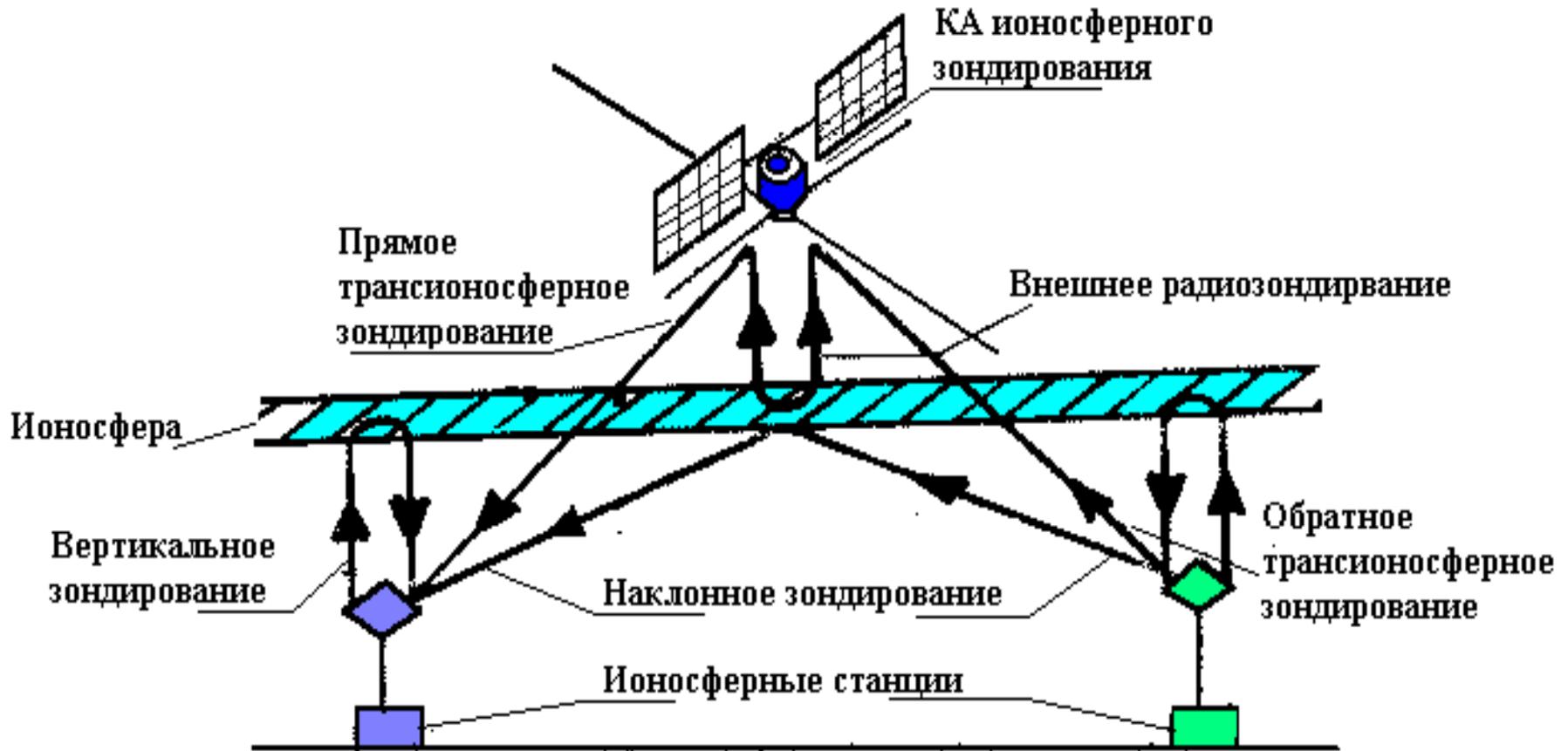
Варианты повышения пространственного разрешения

за счет сокращения времени кадра при спутниковом зондировании ионосферы (при уменьшении служебной информации в строке до 1 мс, сокращении длительности строки и диапазона частот при адаптивном зондировании)

| № | H_{st} , km | F_{up} , Hz | Γ_{line} , ms | $f_{max} - f_{min}$, MHz | Δf , kHz | point | Γ_{line} , ms | Way, km | Comm. |
|---|---------------|---------------|----------------------|---------------------------|------------------|-------|----------------------|---------|----------|
| 1 | 1000 | 60 | 17 | 0.3-16 | 25,50 | 338 | 6 | 48 | 64 км |
| 2 | 1000 | 60 | 17 | 1-20 | 50 | 380 | 6.6 | 53 | |
| 3 | 1000 | 60 | 17 | 1-16 | 50 | 300 | 5.5 | 44 | |
| 4 | 1000 | 60 | 13 | 1-16 | 50 | 300 | 4.1 | 33 | |
| 5 | 500 | 120 | 8 | 1-20 | 50 | 380 | 3.3 | 26 | |
| 6 | 500 | 120 | 8 | 1-16 | 50 | 300 | 2.6 | 21 | |
| 7 | 500 | 120 | 8 | 5-15 | 50 | 200 | 1.8 | 14 | Адапт. |
| 8 | 500 | 120 | 8 | 1-16 | 100 | 150 | 1.3 | 10 | Чет/неч. |
| 9 | 500 | 120 | 8 | 5-15 | 100 | 100 | 1.0 | 8 | Адапт. |

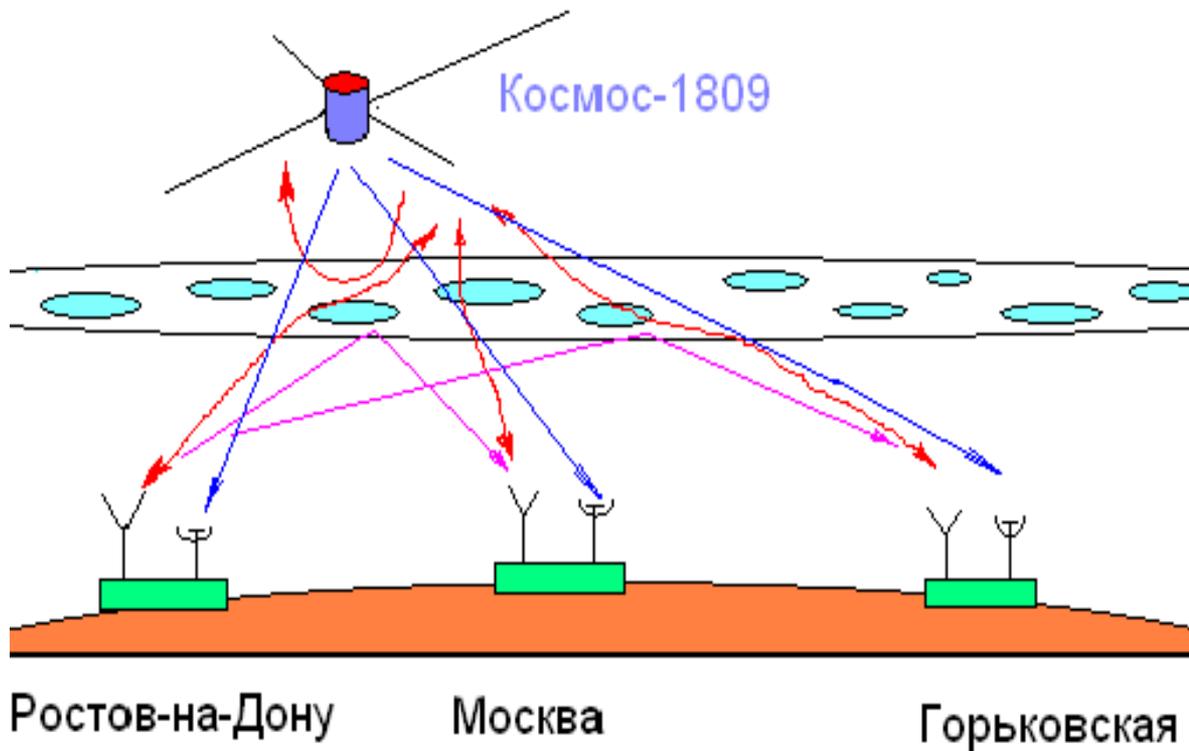
Исходные данные задачи

[С.И. Авдюшин, Н.П. Данилкин, В.И. Денисова, С.В. Журавлев. Мониторинг ионосферы на сети отечественных наземных и спутниковых ионозондов в XXI веке. Труды XXII всероссийской конференции «Распространение радиоволн» 2008 г., Том 1, с 17 – 21. (ИПГ)]



Наземно-космическая система диагностики состояния ионосферы

Синхронное зондирование ионосферы с ИСЗ «Космос-1809»



**Первые эксперименты по
синхронному зондированию на трёх
пунктах с ИСЗ «К-1809»**

Что хотели и не смогли сделать в экспериментах с бортовыми ионозондами

- 1. Выяснить природу одиночных следов на ионограммах ТИЗ.
- Для этого планировался и был подготовлен эксперимент с нагревным стендом «Сура». Предполагалось просвечивать насквозь область нагрева с ИСЗ и прием сигналов в Ростове и Москве.
- 2. Провести эксперимент по измерениям углов прихода сигналов с ИСЗ на частотах вблизи критической.
- Для этого был заявлен эксперимент на «УТР-2», предполагалось в режиме «радиозвезды» провести прием сигналов бортового ионозонда на фиксированных частотах.
- .

Развитие инструментальной базы СВЗ и ТИЗ за 20 лет

слева – антенна научной телеметрии пункта Ростов (1978 г.), справа вверху
мобильный пункт (1987 г.), справа внизу – приемный пункт СВЗ и ТИЗ (1998 г.)



Спутниковые эксперименты по ВнЗ и ТИЗ полярной ионосферы (ИИГ и РГУ 1987).

Слева вверху – ледокол «Сибирь»; слева внизу – С. Журавлев, А. Чилингаров,
Н. Данилкин



Аппаратура
для ИСЗ-эк-
периментов

**Участники международной конференции
«ИНТЕРКОСМОС-30», Москва, 2001 г.**



**XXII ВК РРВ
Ростов-на-Дону
– «Лео» 2008 г.
Обсуждение
спутниковых
экспериментов в
т.ч. по
системному
зондированию**



