

Астрокосмический Центр Физического института им. П.Н. Лебедева РАН

**Научно-технический отчет
АКЦ.КРТ.НТО/12-04**

**ПОДГОТОВКА И ПРОВЕДЕНИЕ РАДИОАСТРОНОМИЧЕСКИХ
ПРОВЕРОК КОСМИЧЕСКОГО РАДИОТЕЛЕСКОПА
(РАП КРТ)**

Проект «Радиоастрон»



В подготовке и проведении РАП КРТ принимали участие:

Александров Ю.А.
Андреянов В.В.
Анненков В.В.
Аниченков А.А.
Антонов Н.М.
Бабакин Н.Г.
Берулис Й.Й.
Белоусов К.Г.
Бирюков А.В.
Буякас В.И.
Васильков В.И.
Виноградов И.С.
Глазков В.А.
Дронова О.Б.
Зиновьев А.Н.
Каневский Б.З.
Копелянский Г.Д.
Кардашев Н.С.
Коваленко А.В.
Ковалев Ю.А.
Ковалев С.А.
Котик А.Н.
Лазарева Г.С.
Ларионов М.Г.
Лихачева Л.Н.
Мизякина Т.А.
Мышонкова Н.В.
Николенко А.А.
Попов Ю.М.
Самодуров В.А.
Серов А.В.
Смирнов А.И.
Стариков В.Д.
Субаев И.А.
Толмачев А.М.
Троицкий В.Ф.
Федорчук С.А.
Чибисов А.В.
Чистяков В.Н.
Шнырева Л.А.

а также специалисты НПО им. С.А. Лавочкина и ООО «Нева Технолоджи».

Настоящий отчет подготовлен с использованием материалов участников работ, отвечавших за отдельные этапы РАП.

Оглавление

1. Задачи РАП КРТ, основные этапы и время проведения проверок	5
1.1 Цель РАП	
1.2 Этапы подготовки и проверки КРТ в процессе РАП	5
2. Состав проверяемого комплекса КРТ, контрольно-измерительных и наземных средств	7
3. Установка КРТ на полигоне для РАП и результаты юстировки формы антенного рефлектора на бандаже	13
4. Климатические условия и температурные режимы КРТ при испытаниях	19
4.1 Условия работы аппаратуры КРТ	19
4.2 Результаты охлаждения ФУ до криогенных температур	22
5. Результаты проверок наземных средств и КИА (КПА) до проведения РАП	26
6. Оценка шумовых температур системы КРТ	28
6.1 Процедура измерений	28
6.2 Количественная оценка $T_{\text{сист}}$	29
7. Небесные радиоисточники, используемые при измерениях	30
8. Результаты измерения диаграмм направленности антенны КРТ по небесным радиоисточникам и определения КИП	31
8.1 Проверка точности работы ОПУ	31
8.2 Процедура определения диаграмм направленности КРТ	37
8.3 Измерение эффективной площади (и КИП) антенны	44
9. Оценка влияния ВИРК на КРТ (ЭМС)	46
10. Дополнительное обследование КРТ в диапазоне 92 см	46
11. Выводы по результатам определения интегральных параметров КРТ в радиометрическом режиме	56
12. Результаты подготовки интерферометрического эксперимента на базе КРТ-РТ22	57
13. Результаты интерферометрического эксперимента	68
14. Выводы по работе КРТ в составе интерферометра	77
15. Заключение и рекомендации по дальнейшим действиям	77
15.1 Заключение	77
15.2 Рекомендации к дальнейшим действиям	79
16. ПРИЛОЖЕНИЕ	
Приложение 1	81
Приложение 2	86

1. Задачи РАП КРТ, основные этапы и время проведения проверок

1.1 Цель РАП

Представляемый Отчет суммирует результаты подготовки и проведения радиоастрономических проверок (РАП) космического радиотелескопа, собранного согласно Комплектуемой записки ВК-КРТ-1-02 (изделие 1405/1), и приводит итоговые выводы и рекомендации по будущим действиям. До этапа РАП все проверки и испытания составных систем КРТ проводились в лабораторных (АКЦ) и цеховых (НПОЛ) условиях и, в основном, раздельно – электронный комплекс и рефлектор КРТ.

Целью РАП является определение интегральных характеристик КРТ по излучению небесных радиоисточников в режиме автономного радиотелескопа (электронный комплекс + антенна), а также проверка КРТ в составе 2-х элементного радиоинтерферометра. Такие возможности обеспечиваются специально построенным Полигоном для РАП на территории ПРАО (Пушино), куда было доставлено в начале ноября 2003 г. изделие 1405/1 КРТ, собранное в НПОЛ. Программа, организация и методика РАП, а также возможности Полигона КРТ, содержатся в документе АКЦ.АМ1.30.22.00 ПМ «Программа, организация и методика радиоастрономической проверки КРТ», редакция 2 (ПМ РАП). Изложенная в документе методика видоизменялась в процессе РАП в зависимости от конкретных условий работы; эти изменения отражены в данном Отчете. При радиоинтерферометрических проверках использовались радиотелескопы КРТ и РТ22 ПРАО.

Из-за задержек изготовления и подготовки КРТ, РАП проводились не в планировавшееся летнее время, а в неблагоприятный для работы осенне-зимний период (ноябрь 2003 г. – начало марта 2004 г.).

Общий вид КРТ, установленный на Полигоне в ПРАО, помещен на рис.1.

1.2 Этапы подготовки и проверки КРТ в процессе РАП

Основные этапы работ и затраты рабочего времени (по записям в рабочих протоколах работ, без затрат на смену вахт специалистов и перерыва на непогоду)

№№	Основные этапы работ	Затраты
1	Транспортировка КРТ из НПОЛ в Пушино, разгрузка и установка (с бандажом) на ОПУ	3 дня
2	Раскрытие рефлектора	1 день
3	Балансировка КРТ в ОПУ	2 дня
4	Регулировка на бандаже и обмеры формы рефлектора	7 дней
5	Размещение КИА и соединение КРТ с КИА; прокладка кабелей	5 дней
6	Наладка регистраторов радиометрических выходов	4 дня
7	Расчет и оборудование внешних нагревателей	4 дня
8	Проверка работы систем Полигона и КРТ с КИА	2 дня
9	Изготовление и установка внешней теплоизоляции контейнеров	2 дня
10	Контроль температур ФК, ПК и ФУ и погодных условий	непрерывно
11	Ремонт ОПУ для режима слежения	4 дня
12	Пробные эксперименты по обнаружению небесных источников с использованием КРТ. Измерение радиометрических параметров КРТ в диапазоне 18 см (без охлаждения ФУ) с использованием источников Лебедь А и Кассиопея А	5 дней
13	Измерение радиометрических параметров КРТ в диапазоне 6 см (без охлаждения ФУ) с использованием источников Лебедь А и Кассиопея А	3 дня
14	Измерение радиометрических параметров КРТ в диапазоне 1,35 см	2 дня

№№	Основные этапы работ	Затраты
	(без охлаждения ФУ) с использованием источника Лебедь А	
15	Измерение диаграммы направленности КРТ в диапазоне 1,35 см по сильному источнику в линии W49N	1 день
16	Измерение задержек на трассах СЕВ ПРАО – Полигон, СЕВ ПРАО – РТ22	1 день
17	Сверка шкал времени имитатора СС и РТ22 по сигналам приемника системы GPS	ежедневно
18	Подготовка РТ22 к работе в паре с КРТ, настройка DAS	2 дня
19	Проверка синхронизации Полигон / РТ22 по опорным сигналам водородных стандартов частоты; устранение (минимизация) помех	3 дня
20	Проверка ВПРК и его влияния (ЭМС) на КРТ	3 дня
21	Проведение интерферометрического эксперимента КРТ & РТ22 в диапазоне 6 см с регистрацией данных	1 день без обработки
22	Проведение интерферометрического эксперимента КРТ & РТ22 в диапазоне 1,35 см с регистрацией данных	1 день без обработки
23	Подготовка к заправке НСОТР азотом, вывод на режим и охлаждение ФУ	3 дня
24	Определение шумовых температур системы и других параметров КРТ в диапазонах 18, 6 и 1,35 см в режиме охлаждения ФУ, прекращение режима охлаждения	2 дня
25	Измерение помеховой обстановки на Полигоне вблизи рабочих диапазонов частот КРТ	2 дня
26	Проведение дополнительных работ по исследованию возможных причин затруднений определения параметров КРТ в диапазоне 92 см с учетом угловых, помеховых и других ограничений в условиях Полигона; демонтаж наружной теплоизоляции НСОТР.	16 дней
		ИТОГО: 80 раб. дней

Во всех измерительных и наблюдательных процедурах (8, 12 ÷ 26) приборы и системы КРТ управлялись и контролировались с помощью КИА КРТ.

Место проведения проверок КРТ – Полигон для РАП КРТ в ПРАО. Комплектность полигона - лабораторный корпус, метеостанция ПРАО, подвижное укрытие (ПУ), опорно-поворотное устройство СМ-133 с системой управления и их технические характеристики представлены в паспорте на полигон АКЦ.АМ1.30.25.00 ПС.

Размещение КРТ на Полигоне показано на рис.1. В центре – КРТ на опорно-поворотном устройстве (ОПУ), предназначенном для обеспечения наведения КРТ на объекты наблюдения; справа – лабораторный корпус, где размещается КИА КРТ и другая наземная аппаратура; слева – перемещаемое по рельсам ПУ (подвижное укрытие), служащее защитой антенны КРТ от атмосферных осадков и ветровых воздействий. В конструкции ПУ предусмотрены площадки для обслуживания КРТ.



Рис.1

2. Состав проверяемого комплекса КРТ, контрольно-измерительных и наземных средств

Полная укрупненная схема всех использовавшихся для РАП средств соответствует ПМ РАП и приведена на рис.2.1.

2.1. Состав КРТ соответствует комплектации изделия 1405/1 (ВК-КРТ-1-02) и включает:

2.1.1 Электронный комплекс, размещенный в ФУ, ФК и ПК:

1) Приборы фокального узла

№	Наименование	Обозначение	Заводской №	Кол.
1	Малошумящий усилитель диапазона 1.35 см	МШУ-1.35	№2	1
2	Малошумящий усилитель диапазона 6 см	МШУ-6	№01	1
3	Малошумящий усилитель диапазона 18 см	МШУ-18	№PM2-001	1
4	Блок антенных облучателей	БАО КРТ	№01	1

ФУ оборудован имитатором охлаждения в наземных условиях (НСОТР) до криотемператур.

2) Приборы ФК

№	Наименование	Обозначение	Заводской №	Кол.
1	Приемник диапазона 1,35 см	П-КРТ-1,35	№2	1
2	Источник питания	ИВЭП ВЧ/Ф1	№01	1
3	Источник питания	ИВЭП ВЧ/Ф2	№01	1
4	Приемник диапазона 6 см	П-КРТ-6	№004	1
5	Источник питания	ИВЭП ВЧ/1	№03	1
6	Источник питания	ИВЭП ВЧ/2	№03	1
7	Приемник диапазона 18 см	П-КРТ-18	№P2-001	1
8	Источник питания	ИВЭП ВЧ/1	№02	1
9	Источник питания	ИВЭП ВЧ/2	№02	1
10	Приемник диапазона 92 см	П-КРТ-92	№011096	1
11	Блок формирования сверхвысоких гетеродинных частот	ФГСВЧ	№12196111004	1
12	Блок формирования сверхвысоких гетеродинных частот	ФГСВЧ	№12196111005	1
13	Источник питания	ИВЭП ФГСВЧ	№01/02	1
14	Селектор СВЧ	Селектор СВЧ	№0010295	1
15	Блок управления и анализа состояния	БУАС-Ф	№01	1
16	Блок коммутации питания	БКП-Ф	№01	1

3) Приборы ПК

№	Наименование	Обозначение	Заводской №	Кол.
1	Форматор	П-КРТ-Пр	№1419761180	1
2	Блок формирования гетеродинных и тактовых частот	ФГТЧ	№12196111003	1
3	Источник питания	ИВЭП ФГТЧ	№01	1
4	Источник питания	ИВЭП ФГТЧ	№02	1
5	Бортовой рубидиевый стандарт частоты	БРСЧ	RUSO/RA №201	1
6	Бортовой рубидиевый стандарт частоты	БРСЧ	RUSO/RA №202	1
7	Блок управления и анализа состояния	БУАС-П	№01	1

4) кабельная сеть.

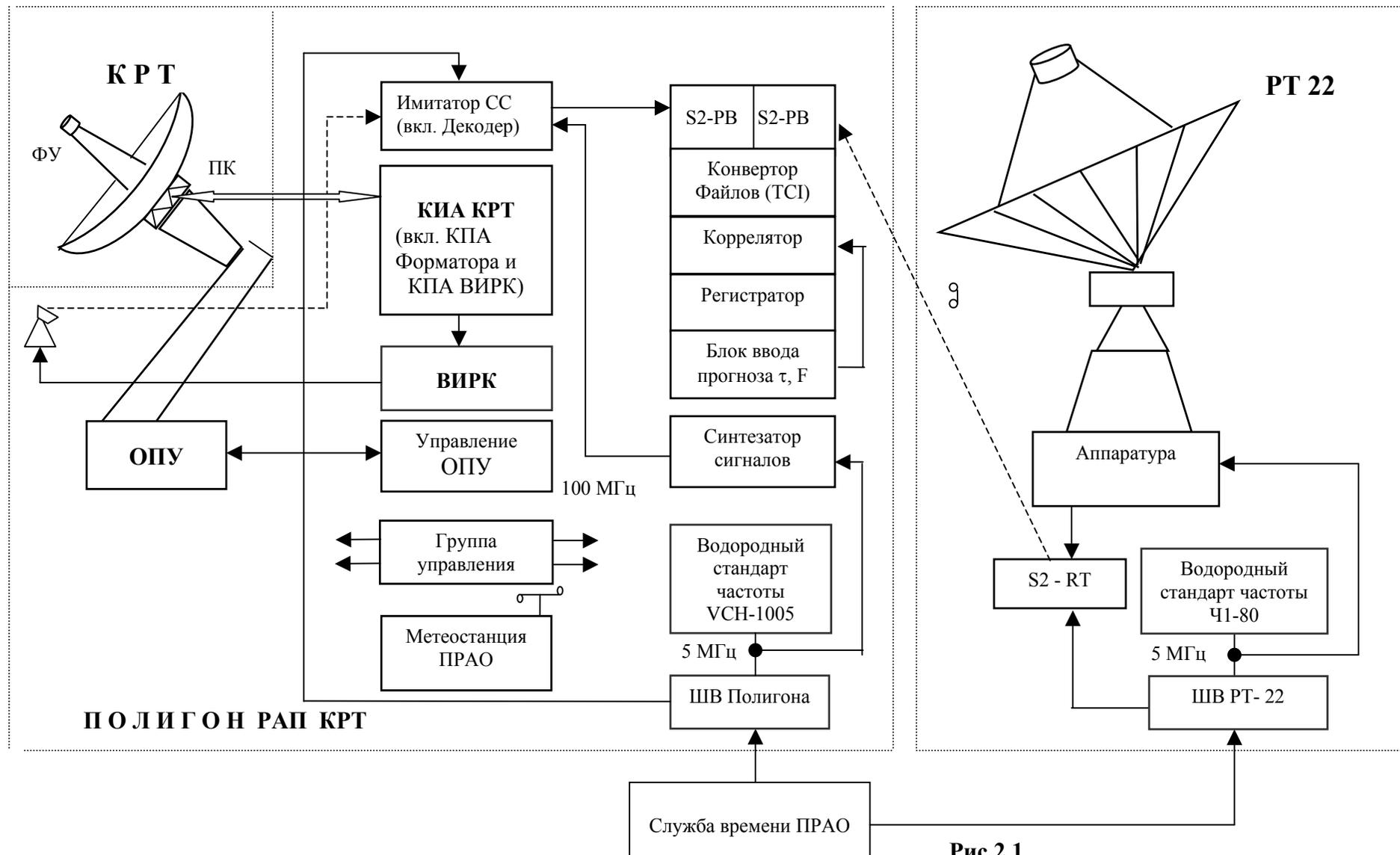


Рис.2.1

2.1.2 Антенный рефлектор в сборе (в составе комплектации изделия 1405/1).

2.1.3 Бандаж (АКЦ.АМ1.31) - пространственная конструкция, обеспечивающая весовую разгрузку лепестков антенны КРТ при ее эксплуатации на Земле и служащая промежуточной опорой при установке КРТ на ОПУ в условиях Полигона .

2.1.4 Температурные датчики для контроля температуры в ФУ, ФК и ПК.

2.1.5 Бортовая система ВИРК в составе:

- собранных на плате (зав. №1411223603) одного передатчика ША682 №6821418520918, двух транспондеров №1418520919, одного блока логики (БЛИК) и волноводного переключателя №1412710048.
- имитатора антенны АФУ ВИРК: - лабораторный рупорный излучатель.

ВИРК размещается в лабораторном здании Полигона вместо его штатного размещения на корпусе космического аппарата, который в Пушино отсутствует.

2.2 Контрольно-измерительные средства, КИА КРТ, КПА ВИРК использовались в составе, указанном в ПМ РАП (п.п.2.2.2, 2.2.3).

а) Система управления ОПУ

Состав системы управления ОПУ: стойка управления, кабина электромашинных усилителей (ЭМУ), управляющий компьютер PENTIUM 233, пульт управления.

ОПУ обеспечивает наведение КРТ при работе по программам:

- наблюдение пассажным методом (фиксированы часовой угол и угол склонения);
- непрерывное слежение за источником (возможно поочередное слежение за двумя источниками – исследуемым и сравнения);
- методом сканирования.

б) состав КИА КРТ :

1. Имитатор источника бортового питания 27 В,10А, -1 комп.
2. Имитатор бортовых команд управления для приборов, установленных в НА и ФК (КИА БУАС) М62.390.118 ТУ - 1 комп.
3. Комплекс сбора данных ТМ информации (УКСД-Р) - 1 комп.
4. Персональный компьютер IBM PC-XT/AT для управления КИА БУАС - 1 комп.
5. Персональный компьютер IBM PC-XT/AT для управления УКСД-Р -1 комп.
6. Измерительный пульт П-КРТ-Пр (ИП П-КРТ-Пр) ИВЯФ.464.514.001 -1 комп.
7. Контрольно-проверочная аппаратура ВИРК-М (КПА ВИРК) ИВЯФ.464.955.102-1 комп.
8. Декодер цифровых массивов с тестовым коррелятором КРТ-Д-1 - 1компл.
9. Наземная кабельная сеть КИА КРТ:в соответствии с СхО АКЦ.АМ1.30.00.05 Э6 и таблицей проводов.
10. Стандартные измерительные приборы:
компаратор Ч7-12;
анализатор спектра типа FSEK-30;
цифровой вольтметр типа ВК7-20, ВК7-22;
измеритель мощности типа М3-51;
осциллограф типа С1-97.

* при определении параметров КРТ в радиометрическом режиме в дополнение к КИА КРТ используются измерительные приборы:
компенсатор постоянной составляющей сигнала;
самописец КСП-4 – 2 шт.;
селективный милливольтметр SMV-5,8;
система цифровой регистрации (EGSE/RUSO), адаптированная к условиям проведения РАП для регистрации телеметрии радиометрических выходов приемных устройств в электронный файл.

КИА КРТ в одной из комнат лабораторного здания показано на рис. 2.2.

в) КПА ВИРК-М включает в себя стандартную и нестандартную измерительную аппаратуру, комплекты кабелей и СВЧ принадлежности, обеспечивающие подачу входных сигналов и измерение технических параметров бортового радиотехнического комплекса ВИРК-М.

В состав нестандартной аппаратуры входят следующие приборы КПА ВИРК-М:

- ШК208 - прибор формирования запросного сигнала и измерения фазовых флуктуаций канала фазовой синхронизации;
- ШК209 - прибор имитации модулирующих информационных потоков и демодуляции информационных потоков канала передачи высокоскоростной информации;
- ШК210 - прибор формирования функциональных команд и контроля телеметрических сигналов;
- УТС-2 - устройство тактовой синхронизации.

Стандартные измерительные приборы

- Имитатор антенны ВИРК: рупорный облучатель (Антенна измерительная П6-23А).
- Ваттметр МЗ-95.
- Осциллограф С1-97.
- Анализатор спектра R & S FSEK 30.

г) Имитатор станции слежения

- КПА ВИРК (ШК208, ШК209, УТС-2);
- Декодер КРТ-Д-1;
- Автокоррелятор спектрометр, Cyclop;
- Регистратор RDR (S2).

д) Высокоточная теодолитная система RMS-2000

(для проверки формы отражающей поверхности рефлектора КРТ)

е) Наземное оборудование и средства измерения температуры в ФУ, ФК и ПК (поставка НПО Л) в составе:

многоканальный измерительный цифровой преобразователь МИП Ш711/1И (1шт.+1 резерв);

- печатающее устройство (ПУ) EPSON FX-800;
- интерфейсный кабель для соединения ПУ и МИП Ш711/1И;
- внешние инфракрасные нагреватели.

ж) НСОТР – наземная система охлаждения МШУ и БАО.

2.3 В наземных средствах схемы интерферометра были введены следующие изменения:

- опорный сигнал 5 МГц от наземного водородного генератора в режиме интерферометра подавался на КРТ непосредственно, а не от транспондера ВИРК; это делалось для облегчения корреляционной обработки данных от РТ-22 и от КРТ (от Декодера имитатора станции слежения) существующими в АКЦ средствами.



Рис. 2.2

- в режиме интерферометра была обеспечена возможность синхронизации КРТ и РТ22 также и от двух независимых водородных генераторов (VCH-1005 – на Полигоне и полукомплект Ч1-80 – в техническом помещении РТ-22).
- для сверки секундных шкал времени Полигона и РТ22 использовалась привязка к сигналам приемника системы GPS.

3. Установка КРТ на полигоне для РАП и результаты юстировки формы антенного рефлектора на бандаже

КРТ в сложенном состоянии рефлектора и бандаж были доставлены специальным автотранспортном из НПОЛ в Пушкино, разгружены и установлены на ОПУ полигона по методике раздела 2.4.1 ПМ РАП. Отдельные операции показаны на рис. 3.1, 3.2, 3.3.

Далее рефлектор КРТ был раскрыт ручным способом и проведена юстировка формы рефлектора на бандаже при ориентации в зенит. Для этого использовался теодолитный метод измерения отклонений отражающей поверхности рефлектора от теоретического параболоида при фиксированном фокусном расстоянии 4220 мм. Регулировка положения всех 27-и лепестков на бандаже проводилась с помощью юстировочных элементов бандажа. На поверхности рефлектора было приклеено около 100 марок (меток), координаты которых измерялись.

Полученные результаты измерений после юстировки показаны в Таблицах 3.1 и 3.2

В таблице 3.1 приведены измеренные отклонения точек рефлектора от поверхности оптимального параболоида: по три точки (L) для каждого из 27 лепестков и 36 точек – для центрального зеркала (Z).

Фокусное расстояние $F=4220$ мм.

В названии точки L: первое - номер лепестка, второе - номер марки.

В названии точки Z - номер марки центрального зеркала.



Рис.3.1



Рис.3.2



Рис.3.3

Таблица 3.1

Название точки	Отклонение по нормали, мм
L01-2	0.11
L01-41	-0.29
L01-45	0.54
L02-2	0.77
L02-41	-0.97
L02-45	0.47
L03-2	1.20
L03-41	-0.89
L03-45	-1.78
L04-2	0.59
L04-45	0.89
L05-2	0.66
L05-41	-1.42
L05-45	-0.43
L06-2	1.19
L06-41	-1.19
L06-45	-0.33
L07-2	0.93
L07-41	0.30
L07-45	-0.84
L08-2	0.03
L08-41	-0.34
L08-45	0.35
L09-2	1.33
L09-41	-0.65
L09-45	0.55
L10-2	0.64
L10-41	-0.73
L10-45	0.19
L11-2	0.21
L11-41	0.46
L11-45	0.11
L12-1	-0.14
L12-41	-0.08
L12-45	-1.60
L13-2	0.39
L13-41	-0.92
L13-45	-1.15
L14-2	-0.18
L14-41	-0.92
L14-45	-0.31

продолжение Таблицы 3.1

Название точки	Отклонение по нормали, мм
L15-2	0.18
L15-41	-0.97
L15-45	-1.30
L16-2	-0.08
L16-41	-1.42
L16-45	-0.47
L17-2	0.50
L17-41	-0.10
L17-45	0.68
L18-2	0.61
L18-41	0.38
L18-45	-0.38
L19-2	1.64
L19-41	0.04
L19-45	0.47
L20-2	1.08
L20-41	1.43
L20-45	0.23
L21-2	0.06
L21-41	1.66
L21-45	-0.25
L22-2	0.62
L22-41	-0.24
L22-45	0.58
L23-2	-0.62
L23-41	0.45
L23-45	-0.63
L24-2	-0.69
L24-41	-0.66
L24-45	-0.94
L25-2	-1.08
L25-41	-0.22
L25-45	-1.03
L26-2	-0.15
L26-41	-1.80
L26-45	0.62
L27-2	0.11
L27-41	-1.26
L27-45	0.29

продолжение Таблицы 3.1

Название точки	Отклонение по нормали, мм
z01	0.54
z02	-0.18
z03	-0.26
z04	-0.33
z05	0.68
z06	-0.06
z07	-0.15
z08	-0.07
z09	0.97
z10	0.13
z11	-0.01
z12	-0.20
z13	0.89
z14	-0.04
z15	-0.14
z16	-0.21
z17	0.30
z18	-0.28
z19	-0.36
z20	-0.32
z21	0.61
z22	-0.09
z23	-0.16
z24	-0.07
z25	0.90
z26	-0.17
z27	-0.23
z28	-0.21
z29	0.89
z30	0.14
z31	0.10
z32	-0.01
z33	0.96
z34	0.16
z35	0.02
z36	-0.20

В таблице 3.2 указаны координаты точек в системе координат параболоида.
Начало координат - в центре оптимального параболоида.
Положительное направление оси Y - на точку 2 лепестка № 20.
Положительное направление оси Z - на фокальный контейнер.

Таблица 3.2

Координаты точек в системе координат параболоида		
X, мм	Y, мм	Z, мм
1511.070	-469.471	148.212
4840.670	-941.008	1440.950
4541.908	-1930.863	1442.333
1358.654	-803.560	146.824
4491.990	-2037.324	1442.397
3971.443	-2931.404	1442.904
1142.996	-1100.694	147.948
3900.398	-3024.501	1444.203
3189.307	-3769.677	1446.499
855.853	-1336.023	148.539
2237.301	-4403.292	1444.137
530.754	-1497.649	148.896
2130.047	-4453.462	1445.392
1157.182	-4802.622	1446.252
172.509	-1576.556	147.797
1051.172	-4826.623	1446.948
28.591	-4942.331	1447.509
-194.128	-1574.650	148.176
-79.347	-4937.761	1444.422
-1104.074	-4821.247	1450.222
-550.849	-1492.420	149.899
-1213.496	-4791.294	1447.617
-2183.531	-4438.262	1448.995
-878.506	-1324.451	148.293
-2286.435	-4381.751	1447.881
-3143.769	-3812.546	1445.974
-1155.711	-1087.612	148.556
-3234.408	-3732.780	1446.050
-3942.189	-2985.238	1448.392
-1376.434	-790.553	149.053
-4013.303	-2880.353	1445.141
-4527.132	-1986.144	1447.718
-1488.227	-578.639	151.186
-4568.563	-1880.153	1445.991
-4858.469	-891.236	1447.296
-1582.219	-92.699	148.423
-4874.999	-779.850	1445.007
-4929.956	252.276	1444.939
-1552.890	273.421	147.469
-4920.978	360.077	1443.349

продолжение Таблицы 3.2

Координаты точек в системе координат параболоида		
X, мм	Y, мм	Z, мм
-4734.717	1371.043	1439.770
-1451.002	626.915	147.829
-4704.618	1482.767	1442.591
-4292.149	2427.524	1441.993
-1267.401	944.000	148.029
-4233.866	2528.059	1442.204
-3618.938	3349.561	1441.076
-1014.416	1206.556	146.696
-3543.728	3431.747	1441.759
-2752.818	4091.209	1439.737
-708.927	1407.985	146.591
-2650.678	4158.671	1440.354
-1730.299	4620.071	1442.323
-362.280	1533.231	145.377
-1624.399	4647.559	1435.881
-623.412	4891.350	1439.857
1.329	1571.996	145.295
-507.242	4901.847	1437.056
525.094	4901.169	1439.141
368.150	1525.859	145.896
639.802	4882.272	1434.445
1641.346	4645.217	1438.202
710.982	1397.346	144.991
1751.457	4603.073	1437.237
2672.984	4139.874	1437.921
1015.739	1192.735	146.031
2769.184	4072.899	1436.495
3556.750	3406.186	1437.493
1263.540	924.486	145.910
3629.808	3317.128	1433.165
4247.390	2493.982	1438.306
1450.582	609.476	147.758
4305.709	2387.675	1436.275
4711.689	1441.504	1439.456
1553.997	259.213	147.194
4745.842	1323.106	1440.092
4918.983	306.189	1438.273
1567.513	-108.076	146.142
4925.212	192.823	1440.730
4857.312	-834.559	1438.642

продолжение Таблицы 3.2

Координаты точек в системе координат параболоида		
X, мм	Y, мм	Z, мм
1234.400	-4255	89.729
858.003	-11.419	43.800
674.104	-13.736	27.197
527.501	-9.736	16.815
951.836	787.965	89.768
659.063	542.400	43.220
516.624	430.243	26.927
406.023	326.703	16.162
224.008	1206.359	88.207
151.751	842.677	43.300
118.495	662.389	26.832
92.508	515.084	16.420
-623.226	1068.341	89.728
-432.542	739.967	43.566
-344.681	583.630	27.360
-270.563	451.713	16.636
-1172.725	421.381	91.686
-814.903	290.945	44.639
-645.942	222.356	28.009
-503.803	165.461	16.977
-1175.460	-428.058	92.094
-815.439	-304.456	44.978
-641.261	-248.104	28.170
-498.703	-199.298	17.156
-635.224	-1081.366	92.274
-432.283	-753.753	44.895
-342.234	-597.253	28.297
-265.721	-469.958	17.476
210.159	-1234.105	91.943
149.550	-855.550	44.550
120.069	-674.931	27.744
96.771	-531.137	17.273
976.629	-829.965	96.343
660.082	-568.345	44.788
520.637	-450.589	28.064
405.189	-356.754	17.467

Рассчитанное по данным таблицы 3.2 среднеквадратичное отклонение точек рефлектора составляет $СКО = 0,71$ мм.

Координаты центра окружности шпангоута фокального контейнера:

$X = -1,05$ мм

$Y = 0,54$ мм

$Z = 4710,5$ мм .

Координаты имитатора середины центрального зеркала:

$X = -3,40$ мм

$Y = -8,05$ мм

$Z = 28,22$ мм.

Юстировка поверхности рефлектора проводилась в положении КРТ в зенит.

4. Климатические условия и температурные режимы КРТ при испытаниях

4.1 Условия работы аппаратуры КРТ

В летных условиях температурный режим внутри герметичных ФК и ПК должен обеспечиваться средствами СОТР с циркуляцией газовой смеси. В процессе РАП контейнеры герметизированы не были, СОТР не использовалась, а так как температура наружного воздуха была ниже нормы ($+5...+35^{\circ}\text{C}$), использовалась внешняя система обогрева контейнеров с помощью инфракрасных обогревателей, размещаемых (на время между сеансами измерений) вблизи контейнеров, и внешняя теплоизоляция - для сохранения тепла во время сеансов. Температура внутри ФК и ПК (так же как – в ФУ) контролировалась термодатчиками и регистрировалась на внешнем многоканальном бумажном ленточном печатающем устройстве EPSON FX-800 через цифровой преобразователь МИП Ш711/1И. Исключение образования росы на ответственных участках поверхностей конструкции обеспечивалось путем поддержания температур этих участков на несколько более высоком уровне, чем температура окружающей среды.

Рис. 4.1 поясняет размещение мягких матов теплоизоляции на поверхности ФК в процессе внешнего подогрева (средняя часть изоляции открыта); справа показан один из инфракрасных нагревателей.



Рис. 4.1.

В Таблице 4.1 приведены выборки зарегистрированных максимальных и минимальных температур (в градусах Цельсия) за периоды от ноября 2003г. до марта 2004г.

Таблица 4.1

Дата	Максимальная температура конструкций, T _{max} , град.С			Минимальная температура конструкций, T _{min} , град.С		
	НК(№11)	ФК(№12)	БАО(№17)	НК(№11)	ФК(№12)	БАО(№17)
23.11.03	24,5	17,1	4,1	17,9	11,4	2,9
24.11.03	21,6	14,8	4,5	17,1	10,5	1,9
25.11.03	22,6	15,7	6,4	18,7	6,6 ^{*)}	4,7
26.11.03	22,8	15,7	6,8	18,9	7,7 ^{*)}	5,8
27.11.03	26,3	20,7	6,6	15,9	14,7	6,0
28.11.03	21,2	17,7	6,0	10,3	12,9	3,9
29.11.03	23,7	18,5	4,3	10,2	13,2	2,6
30.11.03	18,1	13,1	3,2	14,3	5,0 ^{*)}	2,4
01.12.03	22,9	21,7	2,5	14,1	10,3	-0,4
02.12.03	26,5	22,4	2,9	14,2	10,7	-0,2
03.12.03	25,2	21,7	2,2	13,6	14,7	0,5
04.12.03	26,2	23,1	7,2	16,4	17,5	1,0
05.12.03	22,9	20,5	6,6	13,8	12,7	1,5
06.12.03	23,7	25,3	6,6	14,2	11,9	-1,9
07.12.03	20,5	16,4	0,5	14,6	11,7	-3,7
08.12.03	23,7	19,2	3,3	8,9 ^{*)}	12,4	-0,4
09.12.03	21,0	12,2	2,3	7,7 ^{*)}	10,0	1,3
10.12.03	21,8	11,8	1,5	11	7,2 ^{*)}	- 1,1

Дата	Максимальная температура конструкций, Tmax, град.С			Минимальная температура конструкций, Tmin, град.С		
	НК(№11)	ФК(№12)	БАО(№17)	НК(№11)	ФК(№12)	БАО(№17)
11.12.03	16,1	10,8	0,5	11,5	7,5 ^{*)}	- 1,3
12.12.03	17,4	12,7	2,7	13,8	9,2 ^{*)}	- 0,1
13.12.03	17,4	12,7	3,1	12,4	8,6 ^{*)}	1,0
14.12.03	17,1	12,1	1,7	11,9	7,9 ^{*)}	- 0,9
15.12.03	18,6	13,3	3,9	17,1	12,1	1,9
16.12.03	28,1	23,3	4,9	16,5	12,6	3,0
17.12.03	25,1	21,0	3,2	15,4	10,3	1,8
18.12.03	25,1	20,0	1,7	16,5	12,8	0,1
19.12.03	27,1	16,8	1,3	16,6	9,4 ^{*)}	- 1,4
20.12.03	23,5	17,6	6,1	14,5	11,2	2,1
21.12.03	23,0	16,6	7,9	21,3	15,1	6,1
22.12.03	24,0	16,2	10,6	21,5	15,0	7,0
23.12.03	24,9	22,2	10,6	21,9	14,1	7,6
24.12.03	21,4	19,1	7,3	13,8	12,3	0,6
25.12.03	23,8	20,0	2,4	12,8	11,2	- 1,1
26.12.03	19,7	18,3	1,9	10,3	8,0 ^{*)}	- 2,4
27.12.03	22,2	19,0	2,9	15,0	14,1	- 0,5
28.12.03	16,6	18,0	5,7	13,5	15,7	3,2
29.12.03	22,7	19,3	6,5	10,6	9,8 ^{*)}	3,8
30.12.03	25,1	21,5	9,1	22,9	19,4	6,7
31.12.03	24,2	20,9	8,8	21,4	18,2	7,7
1.01.04	21,2	18,1	7,5	19,1	15,8	4,7
2.01.04	20,7	16,9	4,9	19,1	15,8	4,3
3.01.04	20,7	16,9	5,0	19,4	16,0	4,5
4.01.04	21,8	18,5	5,9	15,8	13,8	3,1
5.01.04	16,1	13,8	2,9	11,7	9,6 ^{*)}	- 1,2
6.01.04	14,2	11,2	- 1,5	10,1	7,7 ^{*)}	- 3,8
7.01.04	14,3	13,6	- 1,6	10,0	7,5 ^{*)}	- 4,1
8.01.04	13,8	11,1	- 3,0	10,3	7,5 ^{*)}	- 4,4
9.01.04	16,3	14,7	- 0,1	12,6	10,7	- 3,0
10.01.04	18,6	17,5	2,9	15,0	13,9	- 0,1
12.01.04	25,8	27,1	9,5	16,8	18,1	3,6
13.01.04	26,7	27,2	4,1	13,4	15,5	2,9
14.01.04	27,0	21,8	2,8	15,1	14,4	2,0
15.01.04	24,5	19,4	3,1	14,2	15,0	2,1
16.01.04	23,2	20,1	4,0	9,2 ^{*)}	17,3	2,6
31.01.04	18,6	22,7	3,9	16,4	20,6	-28,2
01.02.04	14,7	20,7	4,1	12,3	18,3	2,8
02.02.04	15,2	19,6	3,6	11,4	17,3	2,4
03.02.04	17,6	18,7	2,5	3,2 ^{*)}	11,3	-3,2
04.02.04	22,5	23,6	-1,1	7,9 ^{*)}	7,5 ^{*)}	-7,0
05.02.04	22,8	21,6	3,6	17,3	20,2	-0,2
27.02.04	20,3	21,1	- **)	16,9	17,5	- **)
28.02.04	20,7	21,6	- **)	18,0	18,4	- **)
29.02.04	20,3	22,4	- **)	18,0	18,7	- **)
01.03.04	29,8	30,0	- **)	16,9	18,1	- **)

Дата	Максимальная температура конструкций, T _{max} , град.С			Минимальная температура конструкций, T _{min} , град.С		
	НК(№11)	ФК(№12)	БАО(№17)	НК(№11)	ФК(№12)	БАО(№17)
02.03.04	24,6	26,3	- ^{**})	18,6	22,0	- ^{**})
03.03.04	19,5	23,1	- ^{**})	9,9 ^{*)}	12,5	- ^{**})
04.03.04	22,5	25,6	- ^{**})	15,7	18,3	- ^{**})
05.03.04	22,4	25,2	- ^{**})	10,4	12,2	- ^{**})
06.03.04	16,6	18,5	- ^{**})	8,2 ^{*)}	10,2	- ^{**})
07.03.04	21,4	25,1	- ^{**})	10,9	12,5	- ^{**})
08.03.04	22,1	26,1	- ^{**})	13,8	15,0	- ^{**})
09.03.04	27,3	29,9	- ^{**})	15,8	17,1	- ^{**})
10.03.04	17,6	20,0	- ^{**})	9,1 ^{*)}	11,4	- ^{**})
11.03.04	24,5	26,7	- ^{**})	11,3	6,7 ^{*)}	- ^{**})
12.03.04	27,5	25,3	- ^{**})	17,7	18,8	- ^{**})
13.03.04	30,7	27,6	- ^{**})	20,8	22,9	- ^{**})
14.03.04	27,4	28,7	- ^{**})	16,8	21,6	- ^{**})
15.03.04	22,4	22,5	- ^{**})	18,8	18,6	- ^{**})
16.03.04	20,9	17,7	- ^{**})	16,9	13,5	- ^{**})
17.03.04	20,6	17,5	- ^{**})	17,5	14,0	- ^{**})

Примечание:

Включение и работа приборов контейнеров происходили при температуре внутри НК и ФК в диапазоне +10°÷+30,7°С.

^{**}) Показания датчиков не регистрировалось из-за разрыва цепи.

В приведенных выше температурных режимах проводились все проверки, изложенные в Отчете, кроме измерения шумовых температур системы (см. раздел 6), когда физическая температура ФУ имеет определяющее значение.

4.2 Результаты охлаждения ФУ до криогенных температур

Фотография ФУ, закрытого наружной теплоизоляцией НСОТРа в сборке КРТ на полигоне показана на рис. 4.2.

Этапы процедуры охлаждения соответствовали методике раздела 2.4.6 ПМ РАП и были выполнены следующим образом:

- 1) Сушка ФУ потоком сухого азота, регулируемым при помощи подогрева из сосуда Дьюара, проводилась 27.01÷28.01.2004 при начальной точке росы (+4,8 °С) и продолжалась 33 часа до конечной точки росы (- 33 °С). Влажность в ФУ контролировалась, температура менялась, как показано в Таб.4.2.



Рис.4.2

Таблица 4.2

Время	Т е м п е р а т у р а, градус Цельсия			
	МШУ- 1,35	МШУ- 6	МШУ- 18	БАО
27.01.04 13 ⁰⁰ Начало сушки	+4,8° С	+4,8° С	+4,8° С	+2,3° С
28.01.04 9 ⁰⁰	-3,2° С	-3,2° С	-3,2° С	-3,2° С
28.01.04 18 ⁰⁰	-2,5° С	-2,5° С	-2,5° С	-1,7° С
28.01.04 22 ⁰⁰ Конец сушки	-2,9° С	-2,9° С	-2,9° С	-1,9° С

2) Далее проводилось медленное охлаждение фокального узла до температур, указанных в Таблице 4.3.

Таблица 4.3

Время	Т е м п е р а т у р а, градус Цельсия			
	МШУ- 1,35	МШУ- 6	МШУ- 18	БАО
28.01.04 22 ⁰⁰ Начало охлажд.	-2,9° С	-2,9° С	-2,9° С	-1,9° С
29.01.04 6 ⁴⁵ Конец охлаждения	-159,9° С	-156,7° С	-158° С	-56° С

3) Выход на стационарный режим (заливка) соответствовал температурам Таблицы 4.4

Таблица 4.4

Время	Т е м п е р а т у р а, градус Цельсия				
	МШУ 1,35	МШУ 6	МШУ 18	БАО	ФК
29.01.04 6 ⁴⁵ Конец	-169,7° С	-169,6 °С	-168,6° С	-89,9° С	+14,8° С

4) В процессе определения шумовых температур КРТ физические температуры на приборах ФУ были:

- МШУ 1,35 см (Заливка 29.01.04 18⁵⁰)

Время	Т° С	Т° С	Т° С	Т° С	Т° С
	МШУ-1,35	МШУ- 6	МШУ -18	БАО	ФК
29.01.04 19 ³⁰	-168,1° С	-167,4° С	-167,1° С	-96,4° С	+21° С
19 ⁴⁰	-169,3° С	-168,7° С	-168,2° С	-97,2° С	+21,2° С
19 ⁵⁰	-170° С	-169,6° С	-169° С	-97,8° С	+20,0° С
20 ⁰⁰	-170,5° С	-170,2° С	-169,5° С	-98,6° С	+20,5° С
20 ¹⁰	-171° С	-170,5° С	-169,8° С	-99° С	+20,3° С
20 ²⁰	-171,2° С	-170,8° С	-170° С	-99,5° С	+20,4° С

- МШУ- 6 см (Заливка прежняя)

Время	Т° С МШУ- 1,35	Т° С МШУ- 6	Т° С МШУ -18	Т° С БАО	Т° С ФК
29.01.04 21 ⁰⁰	-170,7° С	-170,5° С	-169,5° С	-101° С	+20° С
21 ¹⁰	-170,4° С	-170,3° С	-169,2° С	-101,2° С	+19,8° С
21 ²⁰	-169,9° С	-169,9° С	-168,8° С	-101,3° С	+19,60° С
21 ³⁰	-168,0° С	-168,8° С	-167,2° С	-101,2° С	+19,3° С

- МШУ- 18 см (Заливка 29.01.04 21⁴⁵)

Время	Т° С МШУ -1,35	Т° С МШУ -6	Т° С МШУ- 18	Т° С БАО	Т° С ФК
29.01.04 22 ⁰⁰	-168,1° С	-167,4° С	-167,1° С	-96,4° С	+21° С
22 ¹⁰	-169,3° С	-168,7° С	-168,2° С	-97,2° С	+21,2° С
22 ²⁰	-170° С	-169,6° С	-169° С	-97,8° С	+20,0° С
22 ³⁰	-170,5° С	-170,2° С	-169,5° С	-98,6° С	+20,5° С

5) В процессе проверок КРТ по небесным источникам температуры имели следующие значения :

- при наблюдениях в диапазоне 18 см. (Заливка 30.01.04, 9⁰⁰)

Время	Т° С МШУ 1,35	Т° С МШУ 6	Т° С МШУ 18	Т° С БАО	Т° С ФК
30.01.04 9 ⁰⁰ заливка	-173,3° С	-173,2° С	-172° С	-76,2° С	+24,7° С
9 ³⁰ наведение	-171,9° С	-171,9° С	-170,7° С	-80,3° С	+24,0° С
10 ⁰⁰ начало набл.	-170,3° С	-171,3° С	-169,4° С	-84,3° С	+22,5° С
10 ²⁰ конец набл.	-169,2° С	-169,1° С	-168° С	-81,5° С	+21,5° С
Дождь. Укрытие закрывается.					

- при наблюдениях в диапазоне 6 см (Заливка 30.01.04, 11⁰⁰)

Время	Т° С МШУ -1,35	Т° С МШУ- 6	Т° С МШУ- 18	Т° С БАО	Т° С ФК
30.01.04 12 ¹⁰	-174,1° С	-174,4° С	-173,6° С	-99,2° С	+24,7° С
12 ⁵⁵	-173,0° С	-174,3° С	-172,2° С	-100,2° С	+24,0° С

- При наблюдениях в диапазоне 1,35 см. (Заливка 30.01.04, 13⁵⁰).

Время	Т° С МШУ -1,35	Т° С МШУ- 6	Т° С МШУ -18	Т° С БАО	Т° С ФК
30.01.04 13 ⁵⁰	-177,0° С	-177,1° С	-177,4° С	-101,6° С	+20,7° С
14 ⁰⁰	-176,1° С	-176,5° С	-175,3° С	-102,3° С	+20,7° С
14 ⁴⁰	-174,5° С	-174,7° С	-173,6° С	-102,9° С	+20,9° С
14 ⁵⁰	-172,9° С	-173,1° С	-171,7° С	-101,6° С	+20,8° С

- б) Итоговый расход азота и время криостатирования составили:
- расход жидкого азота за время испытаний составил 146 литров;
 - расход на сушку – 64 л;
 - расход на медленное захлаживание – 16 л;
 - каждая заливка для поддержания стационарного режима – 5 л.

Продолжительность стационарного режима охлаждения: 2,5 часа при $\Delta T = 3^{\circ}$ и 3,5÷4 часа при $\Delta T = 10^{\circ}$.

Указанные режимы охлаждения по температуре и продолжительности ее поддержания обеспечили необходимые для РАП измерения. Как и ожидалось, измеренные шумовые температуры КРТ при охлаждении понизились (см. раздел 11).

Полные данные режимов охлаждения ФУ с 27 по 30 января 2004г. в таблицах и графиках, составленных В.И. Буйкасом, В.Ф. Троицким, В.Е Власенковым и Д.А. Сенчуговым, приведены в Приложении 2 данного Отчета.

5. Результаты проверок наземных средств и КИА (КПА) до начала проведения РАП

Во время подготовки к проведению РАП КРТ на полигоне в Пущино все наземное оборудование и средства измерения, КИА и КПА были перепроверены и аттестованы.

В ниже приведенной таблице 5 представлен перечень проведенных подготовительных работ для проведения РАП КРТ, содержание проведенных проверок и результаты проверок. Все проведенные проверки, указанные в таблице 5 проводились при контроле представителя ОКН.

Таблица 5

Перечень подготовительных работ к проведению РАП и содержание проведенных проверок	Результат проверок
Во время подготовки рефлектора к РАП в цехе НПОЛ проводилась юстировка рефлектора по секторам (по 3 лепестка в секторе) с обезвешиванием на нижние технологические опоры. Специалистами ООО «Нева Технолоджи» Сасса А.Н. и Семашко А.Г. измерялись отклонения точек рефлектора (по 7 на каждом лепестке и 36 на центральном зеркале) от поверхности оптимального параболоида.	Максимальные отклонения составили + 1,42 мм и - 1,06 мм. Эти результаты вместе с координатами точек даны в Приложении 1 Отчета.
Подготовка полигона в ПРАО к РАП КРТ и его аттестация. Согласно п.2.2, 2.2.2 и 2.4.2 ПМ РАП проведена подготовка ПУ, ОПУ и системы управления ОПУ (п.2.2 а Отчета).	Полигон соответствует комплектности, указанной в паспорте полигона АКЦ.АМ1.30.25.00 ПС. Проведена подготовка системы управления ОПУ в соответствии с «Руководством по эксплуатации ОПУ» (АКЦ.АМ1.30.30.00 РЭ) и подвижного укрытия (ПУ) в соответствии с «Инструкцией по эксплуатации подвижного укрытия» АКЦ.АМ1.30.20.02 ИЭ. Сделана запись в журнале периодического осмотра и профилактического обслуживания.

Перечень подготовительных работ к проведению РАП и содержание проведенных проверок	Результат проверок
	Готовность Полигона к проведению РАП КРТ подтверждена актом готовности.
Проведен входной контроль и автономные испытания КИА БУАС, УКСД-Р на полигоне.	Входной контроль и автономные испытания КИА БУАС №02 и УКСД-Р проведены по инструкции М62.390.118 ИЭ и МИАС2.763.010 ПС, без замечаний и допускается к РАП. Сделана запись в бортжурнале АКЦ.АМ1.30.25.01 Полигона от 5.11.03.
Проведен входной контроль и автономные испытания Декодера КРТ-Д-1 зав.№1.	Входной контроль и автономные испытания КРТ-Д-1 зав.1 проведены по инструкции КРТ-Д-1-2003 РЭ без замечаний и Декодер допускается к проведению РАП.. Сделана запись в бортжурнале АКЦ.АМ1.30.25.01 Полигона от 5.11.03.
Проведен входной контроль и автономные испытания ВИРК-М с КПА	Входной контроль и автономные испытания ВИРК-М с КПА проведены по ИВЯФ.464.514.001 ИЭ. Замечаний нет Запись в бортжурнале АКЦ.АМ1.30.25.01 Полигона от 5.11.03
Проведен входной контроль и автономные испытания устройства тактовой синхронизации (УТС-2)	Входной контроль и автономные испытания проведены и УТС-2 допускается к проведению РАП Запись в бортжурнале АКЦ.АМ1.30.25.01 Полигона от 5.11.03
Доставка на полигон лепестков в упаковке , узлов и деталей бандажа .	Протокол №1 от 28.10.03
Проведение монтажа узлов и деталей бандажа, сборка бандажа.	Протокол №2 от 29.10.03
Установка бандажа на ОПУ и подготовка бандажа к установке на него изделия 1405/1	Протокол №3 от 01.11.2003
Внешний осмотр изделия 1405/1 на полигоне в г.Пушино	Протокол от 02.11.2003
Проведение установки бандажа АКЦ.АМ1.31 и изделия №1405/1 на ОПУ СМ-133	В формуляре КРТ АКЦ.АМ1.00.00.00.ФО в разделе «Особые отметки» сделана запись о допуске собранного изделия к РАП по ПМ РАП
Проверка системы регистрации S-2. Проведены внутренние тесты в системе регистрации S-2.	Подтверждена работоспособность системы регистрации S-2. Запись в бортжурнале АКЦ.АМ1.30.25.01 Полигона от 19.12.03
Проверка системы регистрации RDR. Проведены тесты записи от S-2.	Подтверждена работоспособность системы RDR. Запись в бортжурнале АКЦ.АМ1.30.25.01 Полигона от 19.12.03

6. Оценка шумовых температур системы КРТ

Интегральные параметры КРТ определялись в радиометрическом режиме, когда синхронизация всех синтезаторов частоты (и гетеродинов приемников) осуществлялась от бортового рубидиевого генератора (БРСЧ). Для сравнения реально полученных при РАП параметров, в Таблице 6.1 приведены проектно-расчетные параметры КРТ.

Таблица 6.1

Диапазон	92 см	18 см	6 см	1.35 см
f, ГГц	0.327	1.667	4.83	22.22
Δf , МГц	8	40	80	200
$T_{\text{сис}}$ (охл), °К		40	100	250
$T_{\text{сис}}$ (без охл), °К	50	60	230	500
$S_{\text{эфф}}$, м ²	40	40	40	25
σ , °К (охл)		0.006	0.01	0.018
ΔS , Ян (5σ)	8	2	5	13
$\theta_{1/2}$ (ширина диагр.)	5,3°	1°	22	5.5

В таблице 6.1 - флуктуационная чувствительность $\sigma = 0,7 T_{\text{сис}} / (\tau \Delta f)^{1/2}$, $\tau = 1$ сек.

6.1 Процедура измерений

Измерительный цикл начинался с исследований радиометра на длину волны 18 см. Это было связано с тем, что в диапазоне 92 см ожидался большой уровень помех. С другой стороны в этом диапазоне - не жесткие требования к точности рефлектора КРТ, точности наведения и достаточно широкая диаграмма направленности.

После включения радиометра на $\lambda=18$ см и выхода его в режим (два часа) начиналось определение его шумовых характеристик. Антенна устанавливалась в зенит и оставалась неподвижной с целью исключения дрейфов антенной температуры из-за изменений вклада излучения от земли и окружающих предметов при ее перемещении.

Затем, в течение времени 600 сек, что соответствует $N=300$ независимым точкам при постоянной времени низкочастотного фильтра $\tau = 1$ сек, регистрировались значения выходного напряжения P_i с радиометра через временные промежутки 2 сек и подсчитывалось их среднее значение P^{\wedge}_1 .

Далее, подобная процедура повторялась при включенном калибровочном сигнале T_k - (P^{\wedge}_2). Для каждого поляризационного канала в соответствии с разделом 6.1 ПМ РАП, получалось значение шумовой температуры системы:

$$T_{\text{сист}} = T_k / [(P^{\wedge}_2 / P^{\wedge}_1) - 1] \quad (1)$$

Полученное значение $T_{\text{сист}}$ необходимо было уменьшить примерно на величину $T_n = T_a - T_r - T_p - T_{\text{сист}} \cdot p$, где

T_a – значение антенной температуры в зените,

T_r – температура фонового излучения,

T_p – температура за счет потерь в системе облучения,

p – потери в системе облучения, выраженные в разгах.

Величина T_a за отсутствием возможности иметь температурный перепад «горячая-холодная» нагрузки на этой длине волны была принята $T_a \cong 20$ °К.

Следующим этапом определялись среднеквадратичные флуктуации шумов на выходе радиометра. Для этого, как и в предыдущем случае, для 300 независимых точек, без калибровочной ступеньки и с ней находились значения средних уровней шумов и вычислялась величина ступеньки в единицах преобразователя аналог-код. Снятые значения P_i обрабатывались с целью нахождения среднеквадратичного значения шумовых флуктуаций:

$$\sigma = [\sum(P_i - P^{\wedge})^2 / N]^{1/2} \cdot T_k / P_k, \quad (2)$$

где σ и T_k - градусах Кельвина;

$$P^{\wedge} = \sum P_i / N;$$

T_k °К – температурное значение калибровочного сигнала, измеренное в заводских испытаниях приемника;

P_k – значение калибровочной ступеньки в отсчетах преобразователя аналог-код.

Вычисления σ повторялись 5 раз и бралось среднее значение.

Указанная процедура вычисления среднеквадратичных шумовых флуктуаций осуществлялась по записям флуктуаций шумового сигнала и калибровочного сигнала на диаграммную ленту.

Полученное значение σ сравнивалось с измеренным уровнем $T_{\text{сист}}$ на основе соотношения:

$$\sigma = (0,7 \cdot T_{\text{сист}}) / (\Delta f \cdot \tau)^{1/2} \quad (3)$$

Таким же способом, как на 18 см., определялись $T_{\text{сист}}$ и σ для диапазонов 6 см, 1,35 см и 92 см; в диапазоне 92 см были обнаружены трудности, которые заставили провести специальные исследования (см. раздел 10).

6.2 Количественная оценка $T_{\text{сист}}$

Ввиду отсутствия надежных данных уровней шумовых калибровочных сигналов T_k , которые планировалось получить при измерениях в НПО Л (см. формулы (1) и (2)), их значения на 18, 6 и 1,35 см были оценены радиоастрономическим методом на полигоне в Пушино.

Методика измерений была основана на последовательной подаче на вход блока облучателей излучения с двумя примерно известными уровнями мощности (температурами излучения): T_1 (аналогично «горячей нагрузке») и T_2 (аналогично «холодной нагрузке»). T_1 и T_2 брались не из прямых измерений, а из теоретических оценок. За разность ($T_1 - T_2$) принималась разность антенных температур излучения фона - при закрытом передвижном устройстве (T_1) над КРТ и при открытом ПУ (T_2). На фоне этих уровней подавались ступеньки соответствующих калибровочных сигналов от ГШ приемников, и измерялось отношение V их среднего значения $A_{\text{ГШ}}$ к величине разности этих двух уровней ($T_1 - T_2$)

$$V = A_{\text{ГШ}} / (T_1 - T_2) \quad (4)$$

измеренных в единицах регистрирующего прибора (в милливольтгах или мм ленты самописца КСП-4). Затем результирующее значение калибровочного сигнала T_k в градусах Кельвина вычислялось по формуле

$$T_k = V (T_1 - T_2) \quad (5)$$

где T_1 принималось равным температуре окружающей среды (воздуха), которая обычно при этих измерениях была вблизи 273 К, а T_2 бралась равной 33 К (на 18 см и 6,2 см) и 80 К (на 1.35 см). Отсюда в формулу (4) подставлялись следующие значения:

$(T_1 - T_2) \approx 240$ К для длин волн 18 и 6.2 см, и ≈ 193 К для длины волны 1.35 см.

Записи измерений для калибровки значений T_k по этой методике для всех диапазонов приведены на рис. 6.4 ÷ 6.8, по которым и брались параметры для (4) и (5).

Полученные таким образом радиоастрономические оценки значений внутренних шумовых калибровочных сигналов по измерениям с КРТ на полигоне в Пущино (ноябрь 2003 г. – январь 2004 г.) приведены в таблице 6.2.

Таблица 6.2

Диапазон см	Т _{ГШ} , К без охлаждения				Т _{ГШ} , К с охлаждением			
	ГШ1-Н	ГШ1-В	ГШ2-Н	ГШ2-В	ГШ1-Н	ГШ1-В	ГШ2-Н	ГШ2-В
18 см канал 1	14,3	143	-	-	15,8	154	-	-
6,2 см канал 1	34,8	235	-	-	41,5	257	-	-
6,2 см канал 2	40,0	278	-	-	44,6	295	-	-
1,35 см канал 1	17,9	274	16,6	251	-	395	-	309
1,35 см канал 2			19,1	253	-	364	-	282

Неопределенность оценки приведенных значений составляет $\pm 20\%$.

Для приемника на 92 см за T_k принималось паспортное значение ГШ-В = 35,3 К (измеренное разработчиками по входу приемника), в предположении отсутствия потерь в облучателе и соединительных кабелях.

Определение $T_{\text{сист}}$ проводилось дважды: сначала для отработки методики измерения проводились без охлаждения ФУ (МШУ+БАО), а затем – с их охлаждением, проводившимся, как описано выше в разделе 4.2.

Полученные значения $T_{\text{сист}}$ и σ приведены ниже в итоговой таблице 11 (столбцы 5 и 7).

7. Небесные радиоисточники, используемые при измерениях

Другие параметры КРТ могут определяться только по небесным радиоисточникам (к сожалению, в условиях ПРАО было невозможно обеспечить использование других методов: по сигналам специальных маяков или отраженных искусственных сигналов).

В таб. 7.1 приведен список небесных источников, из которых выбирались пригодные для наблюдений в ограниченных условиях по углам видимости и по чувствительности КРТ.

Таблица 7.1

Источник	Координаты источника 1950.0		Угловой размер(′)	Поток в ед. Ян на длине волны λ			
	α (h, m, s)	δ (°, ′, ″)		92 см	18 см	6 см	1.35 см
0022+638	00 22 33.0	63 51 48		90	42	25	11
0118+324	01 18 42.9	32 24 12.9		36	17	40	50
0201+645	02 01 49.0	64 35 19		29	30	32	30
0316+413 (PerA)	03 16 29.5	41 19 51.9	<1″	16	25	50	50
3C123	04 33 55.2	29 34 14.0	0.3	160	42	16	3.7
0531+218 (TelA)	05 31 30.0	21 50 00.0	6	1300	860	680	400
3C147	05 38 43.5	49 49 42.0	<1″	66	20	8	1.7
1046+130	10 46 30.7	13 04 00.8		64	41	42	40
1047+234	10 47 28.4	23 24 01.4		630	200	72	21
1226+023 (3C273)	12 26 33.3	02 19 43.2		65	50	45	43
1228+126 (VirA)	12 28 17.7	12 39 55.0	6	750	184	72	15
1514+104	15 14 20.2	10 25 56.0		190	42	12	2.5
1536+449	15 36 53.4	44 57 29.0		11	8	8	9
1957+405 (CygA)	19 57 45.3	40 35 00.0	1	6100	1320	378	56,7
2311+612	23 11 27.4	61 13 51		22	26	24	20
2321+585 (CasA)	23 21 12.0	58 32 00.0	4	4450	1390	650	210
1907+090	19 07 52.1	09 01 08				52	
1908+090	19 08 41.8	09 00 30				19	
1920+143	19 20 54.3	14 21 40				25	
W3OH	02 23 18.0	61 38 58.0	<1″				1000
W49N	19 07 52.1	09 01 08.0	<1′				150000
W51M	19 21 26.0	14 24 41.0	<1′				2000
CepA	22 54 19.2	61 45 44.1	<1″				1500

Примечание: координаты объектов приведены на эпоху 1950.0.

Из таблицы 7.1 пригодными для РАП оказались во всех диапазонах лишь самые сильные источники: Кассиопея А, Лебедь А, Телец А и для диапазона 1,35 см – также мазерный источник W49N.

8. Результаты измерения диаграмм направленности антенны КРТ по небесным радиисточникам и определения КИП

8.1 Проверка точности работы ОПУ

После нагрузки ОПУ реальной массой КРТ (с бандажем) и учитывая «неплоскостность» примыкаемых поверхностей ОПУ и КРТ, проводилась проверка показаний угловых датчиков ОПУ и положения максимумов измеренных диаграмм

КРТ-10, Пушино; Калибровка 18см. и 92 см.; 04.02.04

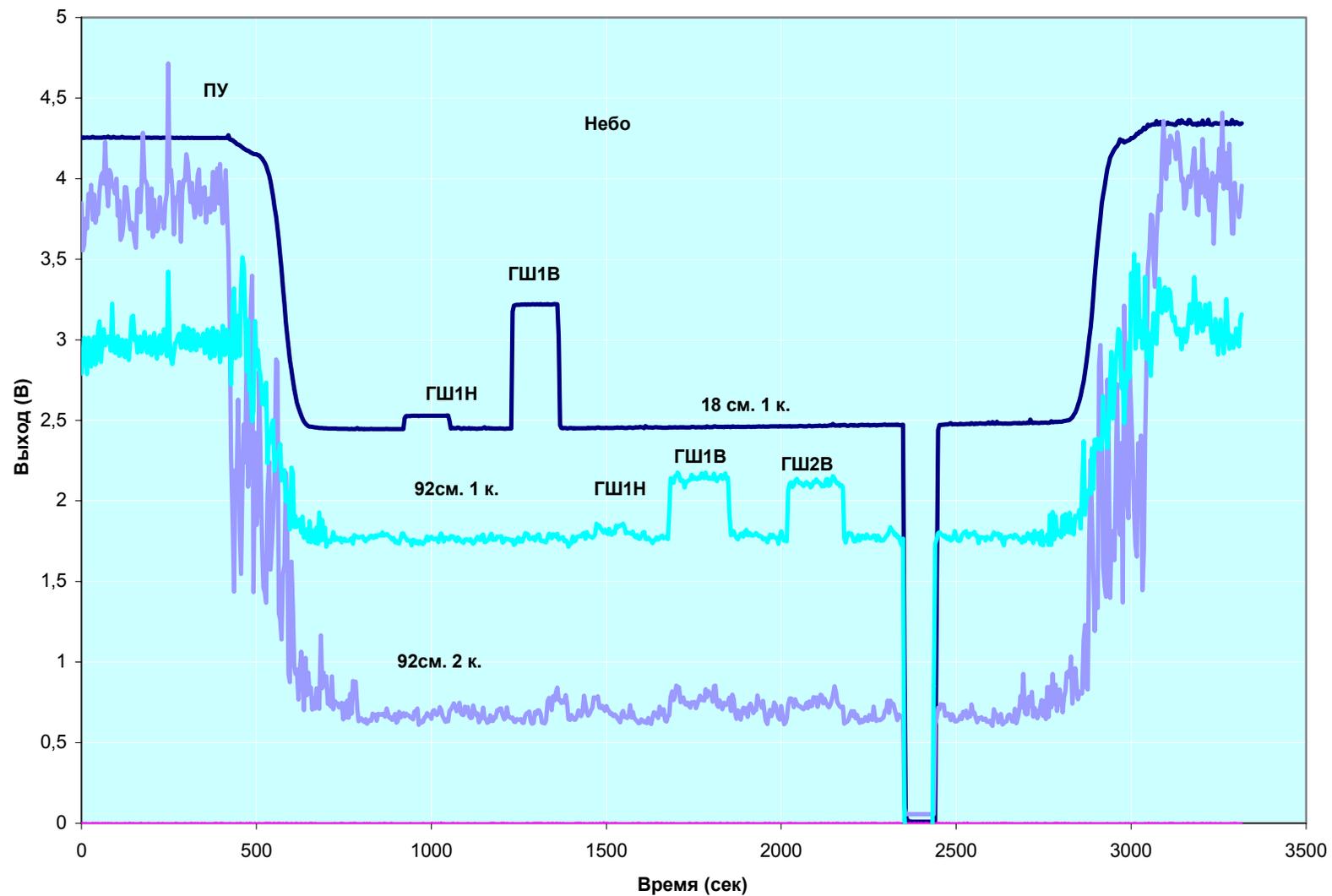


Рис. 6.4

КРТ-10, Пуцино; Калибровка диапазона 1.35 см.; 22.11.03

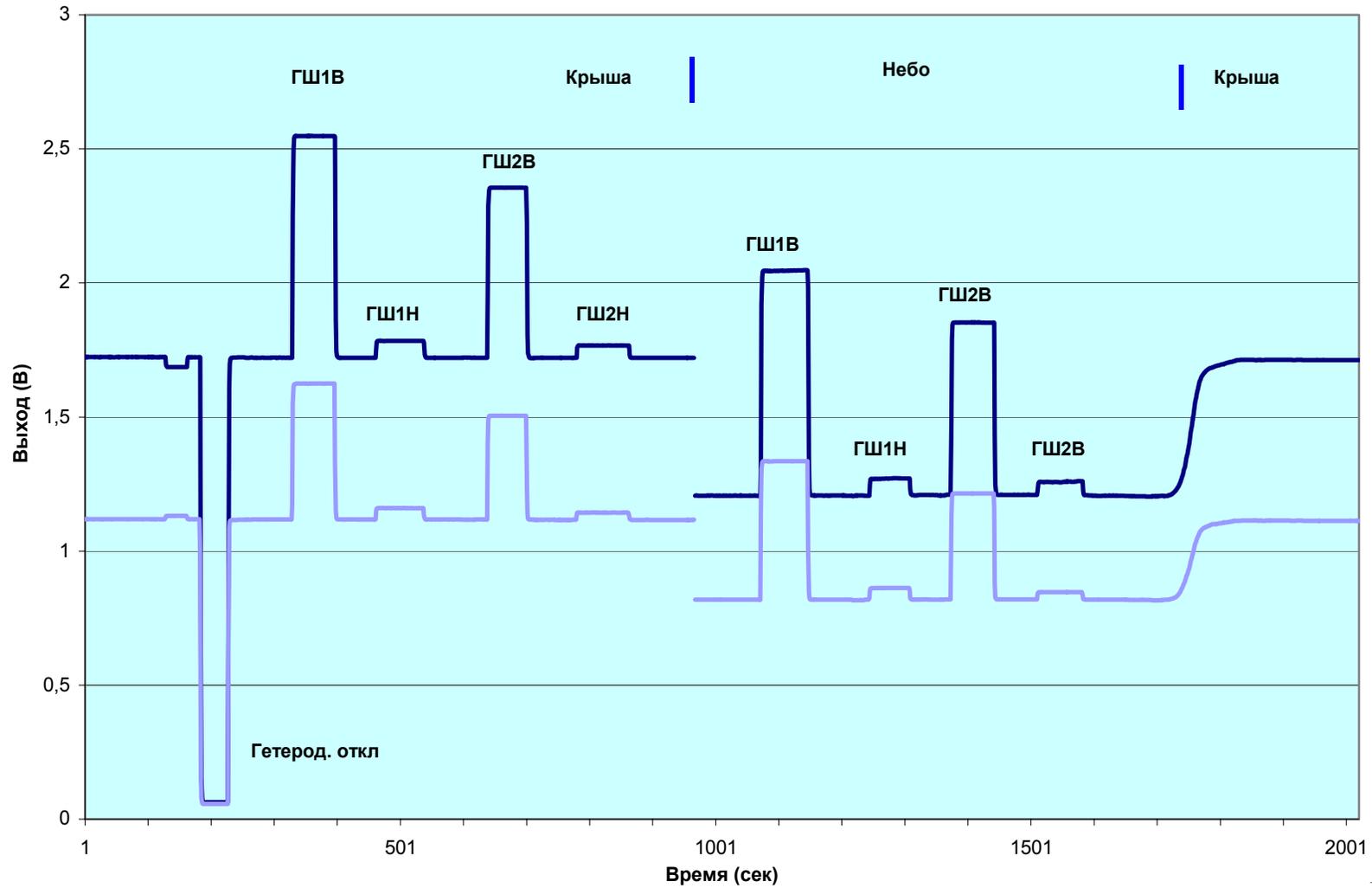


Рис.6.5

КРТ-10, Пушино; Калибровка диапазона 6 см.; 22.11.04

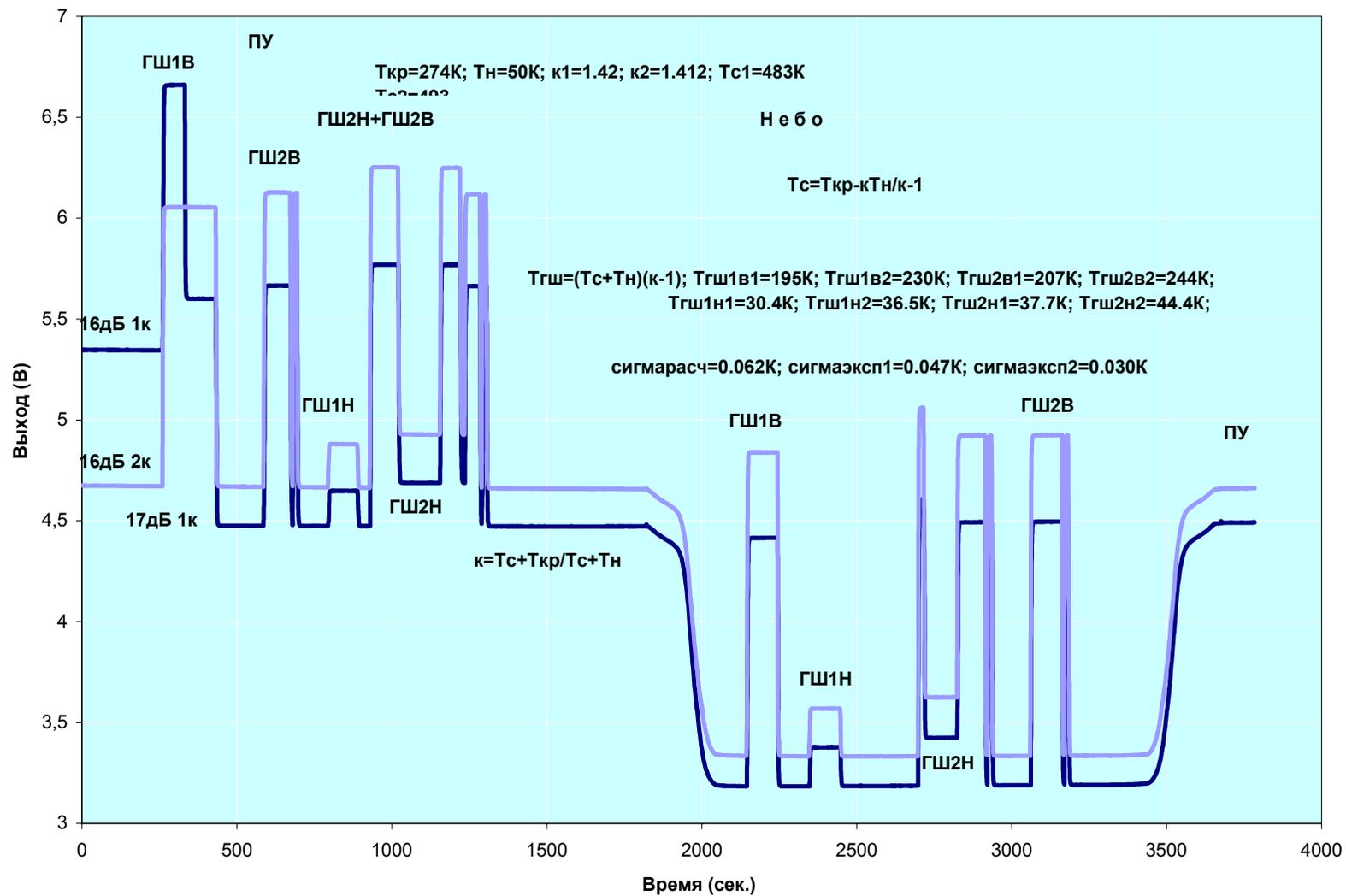


Рис.6.6

Калибровка КРТ-10 с охлажденным МШУ; 6 см. + ЭМС ВИРК; Пушино 29.01.04

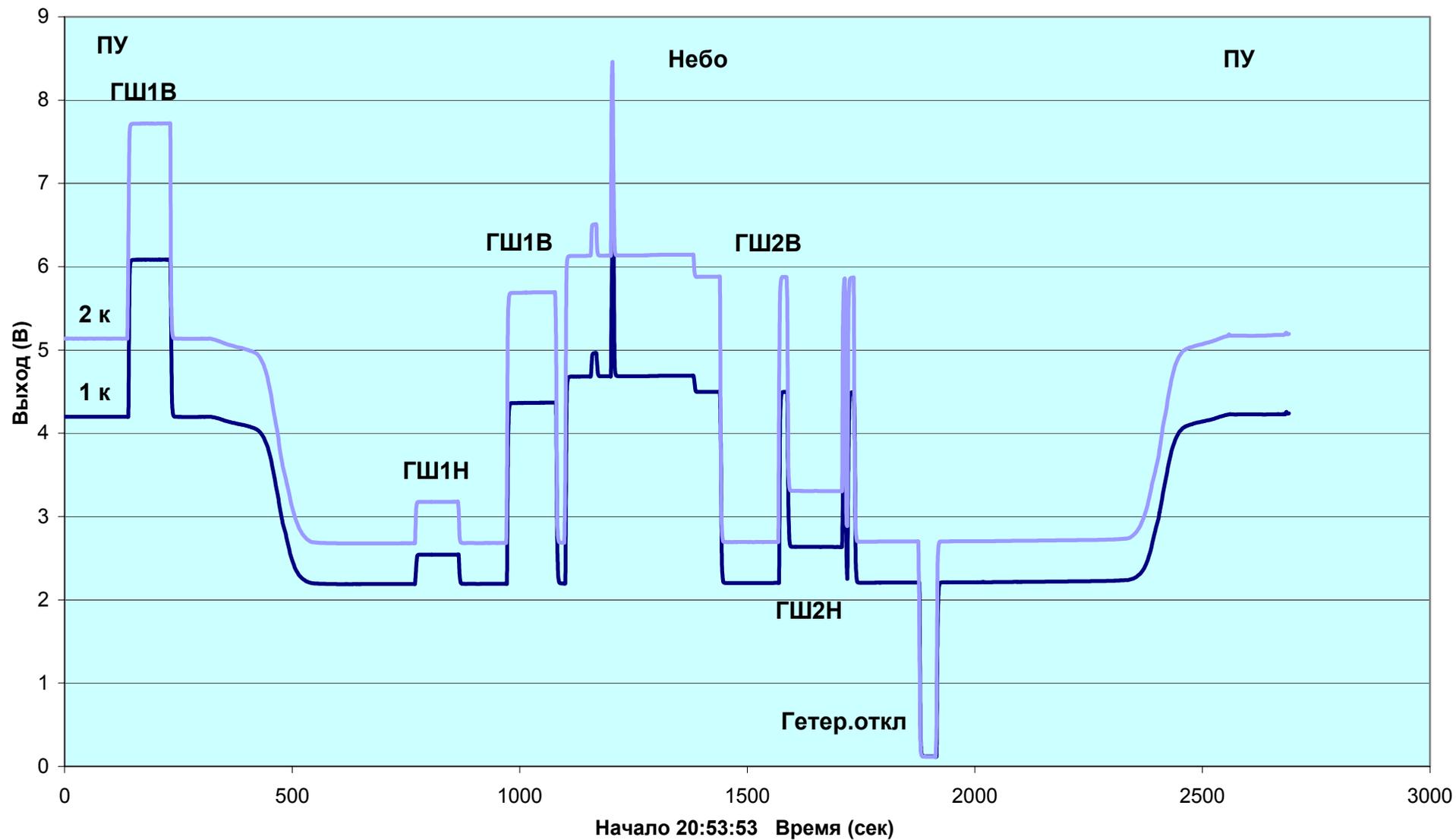


Рис.6.7

КРТ-10, Пущино; Калибровка с охлажденным МШУ диапазона 1.35 см. + ЭМС ВИРК; 29.01.04

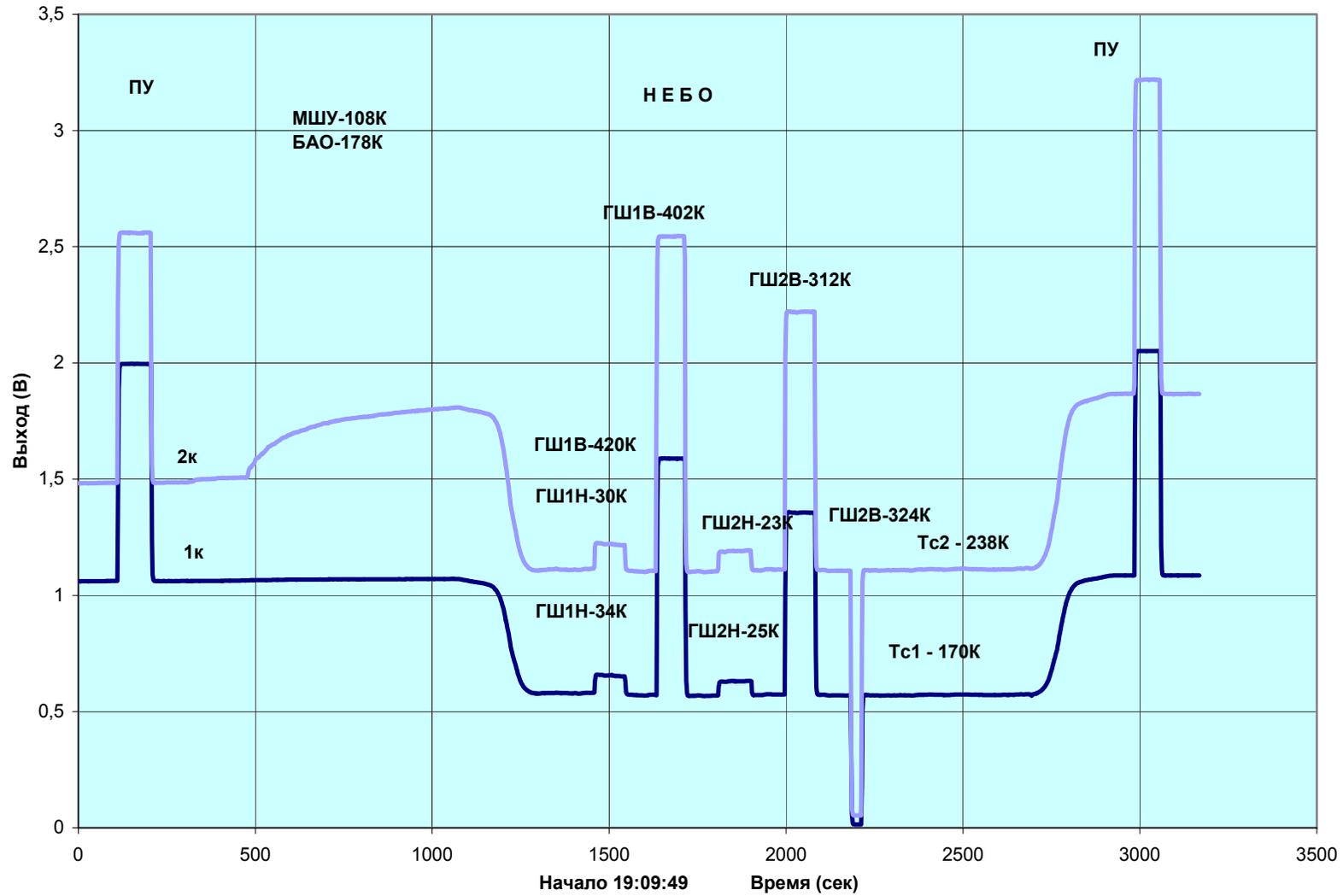


Рис.6.8

направленности («электрических осей»); это особенно важно для коротковолновых диапазонов 1,35 см и 6 см.

В начале испытательных работ осуществлялась проверка точности работы поворотного устройства КРТ согласно «Руководству по эксплуатации ОПУ» (АКЦ.АМ1.30.30.00 РЭ).

Для этого с пульта управления ОПУ устанавливались заданные (на яркие звезды) часовой угол α и склонение δ , и в ночное время в телескопическую трубу наблюдались эти звезды (α Лебеда, β Кассиопеи, α Тельца, α Девы) и фиксировались различия между положением звезды и крестом меток в поле зрения. Если эти различия превышали 15 угл. сек, то при дальнейших наведениях вводились поправки.

Если изменения в положении звезд относительно креста нитей изменялись в пределах более 5 среднеквадратичных ошибок установки ОПУ, то необходимо было выяснить причину такой неполадки.

8.2 Процедура определения диаграмм направленности КРТ

Наблюдения проводились в режиме прохождения источника через неподвижную диаграмму направленности радиотелескопа и в режиме сканирования по α и δ .

Для каждого источника антенна выставлялась в упрежденную точку и в режиме суточного прохождения источника через неподвижную диаграмму направленности телескопа делалась запись в файл и на диаграммную ленту. Выполнялось 5 сечений диаграммы направленности вблизи кульминации источника. Каждое последующее сечение отстояло от предыдущего на фиксированную величину по склонению $\Delta\delta = \theta/4$, где θ - расчетная полуширина диаграммы направленности телескопа по склонению в кульминации источника (два сечения выше центрального и два - ниже).

Для каждого сечения определялось время прохождения источника через диаграмму направленности и максимальное значение антенной температуры от источника.

На основе полученных данных определялись поправки положения электрической оси КРТ по α (прямому восхождению) и δ (склонению).

Поправка по α находилась для максимального значения сигнала от источника по разнице расчетного и реального значений времени прохождения источника через диаграмму направленности радиотелескопа.

Поправка по δ определялась «вписыванием» в полученные значения амплитуд на 5 склонениях $\sin x/x$ (расчетного шаблона диаграммы направленности по склонению). В другом варианте поправка по склонению определялась интерполяцией между ближайшими максимальными значениями по склонению.

В случае значительных отклонений положения электрической оси от механической (больше θ) необходимо было делать сканирование площадки $\{\alpha, \delta\}$ для нахождения примерного положения электрической оси, а затем уточнять поправки методом, описанным выше.

Для определения поправок в положении электрической оси для приемников 18 см и 92 см допустимо было применять режим сканирования по α и δ для ускорения процедуры поиска поправок и из-за меньшей допустимой точности определения поправок в связи со значительными размерами ширины диаграммы направленности по α и δ .

После определения положения электрической оси антенны оказалось, что различие от оси ОПУ составило: в диапазоне 1,35 см $\Delta\alpha = +26 \pm 1$ угл. мин. $\Delta\delta = -50 \pm 1$ угл. мин., в диапазонах 6 см и 18 см точности определения отклонений электрической оси телескопа от механической были 4,2 угл. мин. и 12,6 угл. мин. соответственно.

Ширина диаграммы направленности на каждом конкретном склонении определялась по времени, прошедшему между прохождением источника по половинной мощности сигнала и вычислялась по формуле:

$$\theta_{\alpha} = \Delta t_{зв} \cdot (15'/\text{мин}) \cdot \text{Cos} \delta, \quad (6)$$

где $\Delta t_{зв}$ – интервал звездного времени между половинными амплитудами на записи источника.

На рис.8.1 представлена запись сигнала от Cas A для канала 2 диапазона 6 см (с охлаждением ФУ), сделанная 30.01.2004. По горизонтальной оси отложено время (в секундах) прохождения источника, что позволяет по (4) определить θ_{α} ; справа прописан низкий уровень шумовой ступеньки при включении генератора шума приемника (ГШ1Н).

На рис.8.2 показана запись прохождения источника CygA через диаграмму направленности КРТ-10 в диапазоне 6 см 1-го канала в неохлаждаемом режиме от 23.01.04.

Рис. 8.3 отображает запись CygA в 1-ом канале диапазона 18 см в режиме охлаждения ФУ; слева – калибровочный импульс от ГШ1Н приемника.

В диапазоне 1.35 см была сделана запись сигнала от источника Cas A, который нельзя считать точечным по отношению к ширине диаграммы КРТ; эта запись приведена на Рис. 8.4. Ширина диаграммы направленности на 1.35 см по источнику Cas A определялась с использованием формулы $\varphi = \{\theta^2 - \varphi_{\text{КасА}}^2\}^{1/2}$, где θ – измеренное значение по формуле (4), а $\varphi_{\text{КасА}}$ – угловой размер Cas A.

Запись диаграммы направленности в диапазоне 1,35 см была сделана по сильному мазерному источнику W49N в линии водяного пара с помощью селективного микровольтметра SMV-8,5, подключенного к выходу ПЧ приемника; результат регистрации на ленту КСП-4 показан на Рис.8.5 (слева – по прямому восхождению α , справа по углу склонения δ); здесь благодаря сильному отношению С/Ш удалось определить также уровень первых боковых лепестков.

В результате были определены форма главного лепестка и величина рассеяния.

Юстировка электрической оси телескопа и фокального контейнера также выполнялась по мазерному источнику, являющемуся точечным для диаграммы направленности на 1,35 см.

Температурные параметры и условия наблюдения сильнейших радиоисточников при неохлаждаемом режиме работы аппаратуры приведены в таблице 8.1

Таблица 8.1

λ , см	92			18			6			Высота кульм, град.
	S,* Ян	T _a , ⁰ К	C/Ш	S,Ян	T _a , ⁰ К	C/Ш	S,Ян	T _a , ⁰ К	C/Ш	
CasA	4450	64	512	1390	20	420	650	9	69	86
CygA	6100	88	704	1340	19	400	360	5.2	40	75
TelA	1300	19	152	860	12	250	680	10	77	58
VirA	750	11	88	184	2.7	57	72	1	8	48

КРТ-10, Пушино; 6 см. 2-ой канал с охлажденным МШУ; дельта дельта - 54 сек. дуги; 30.01.04

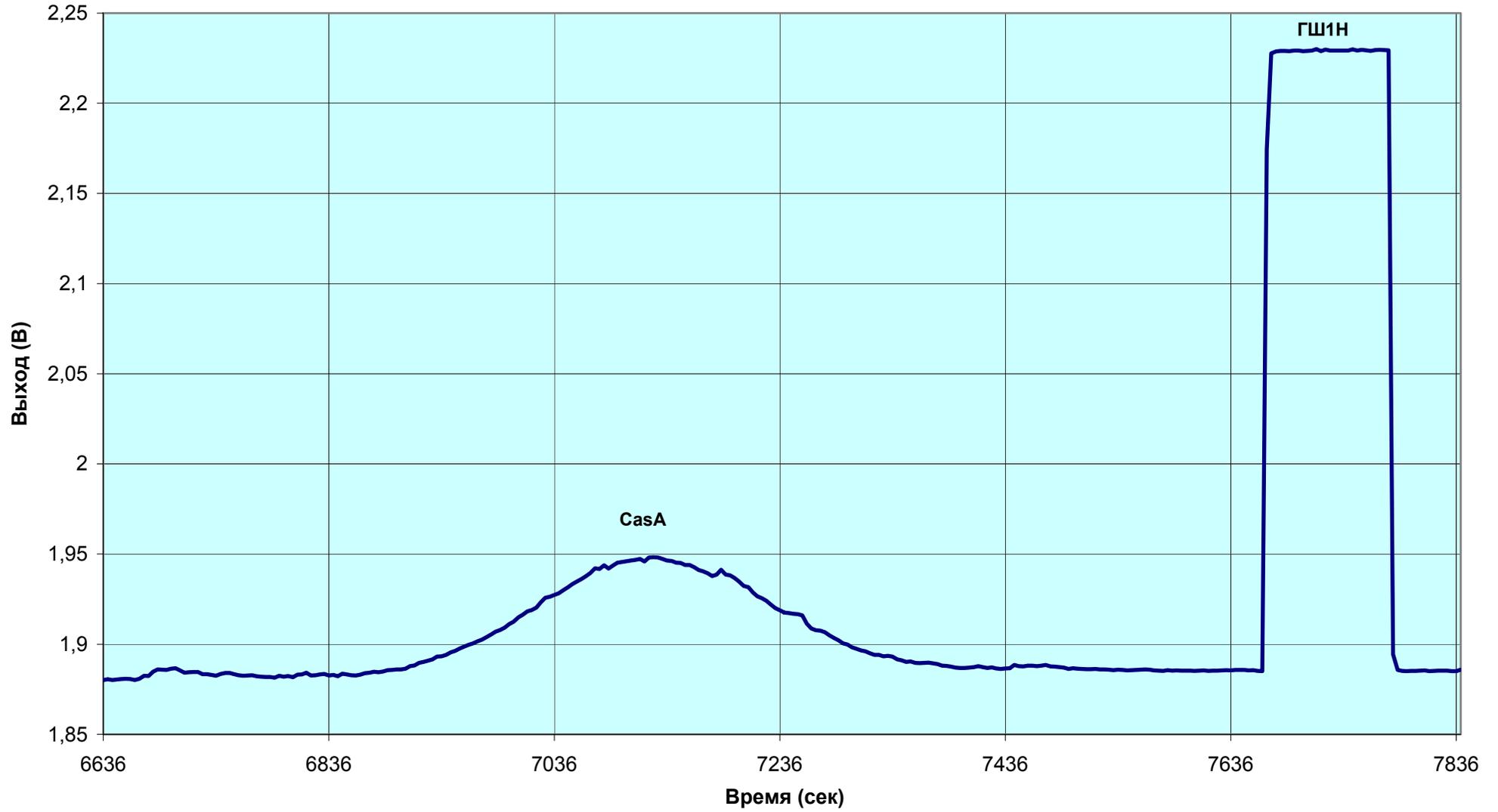


Рис.8.1

КРТ-10, Пушино; Диапазон 6 см 1-ый канал, СугА 23.01.04

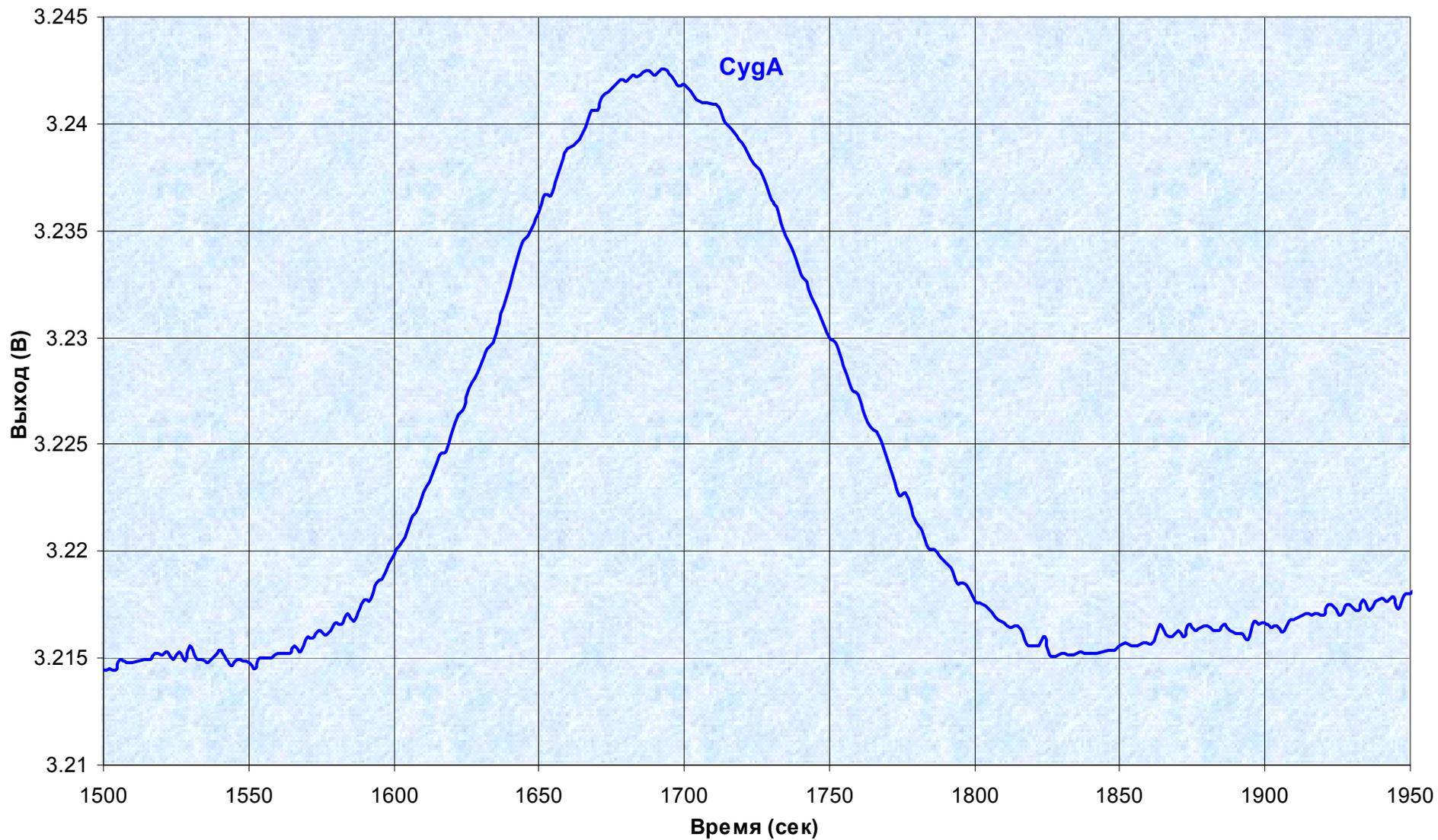


Рис.8.2

КРТ-10, Пушино; Диапазон 18 см. 1-ый канал; СудА 30.01.04; МШУ-102К; БАО-194К

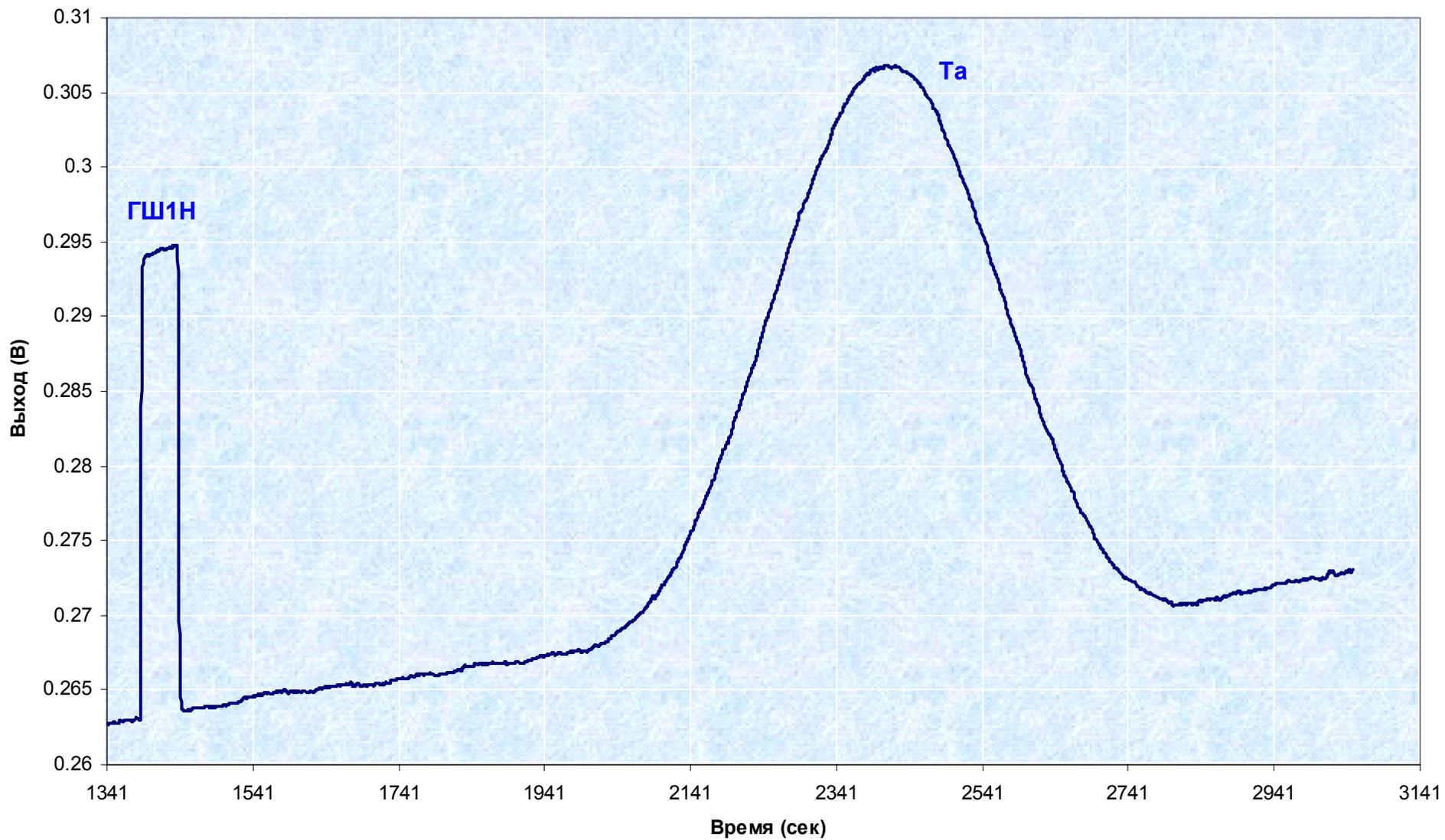


Рис.8.3

1.35 см., 1 канал; МШУ-охлажден; CasA; Пушино, 30.01.04 г. (Cas_6_1.dat)

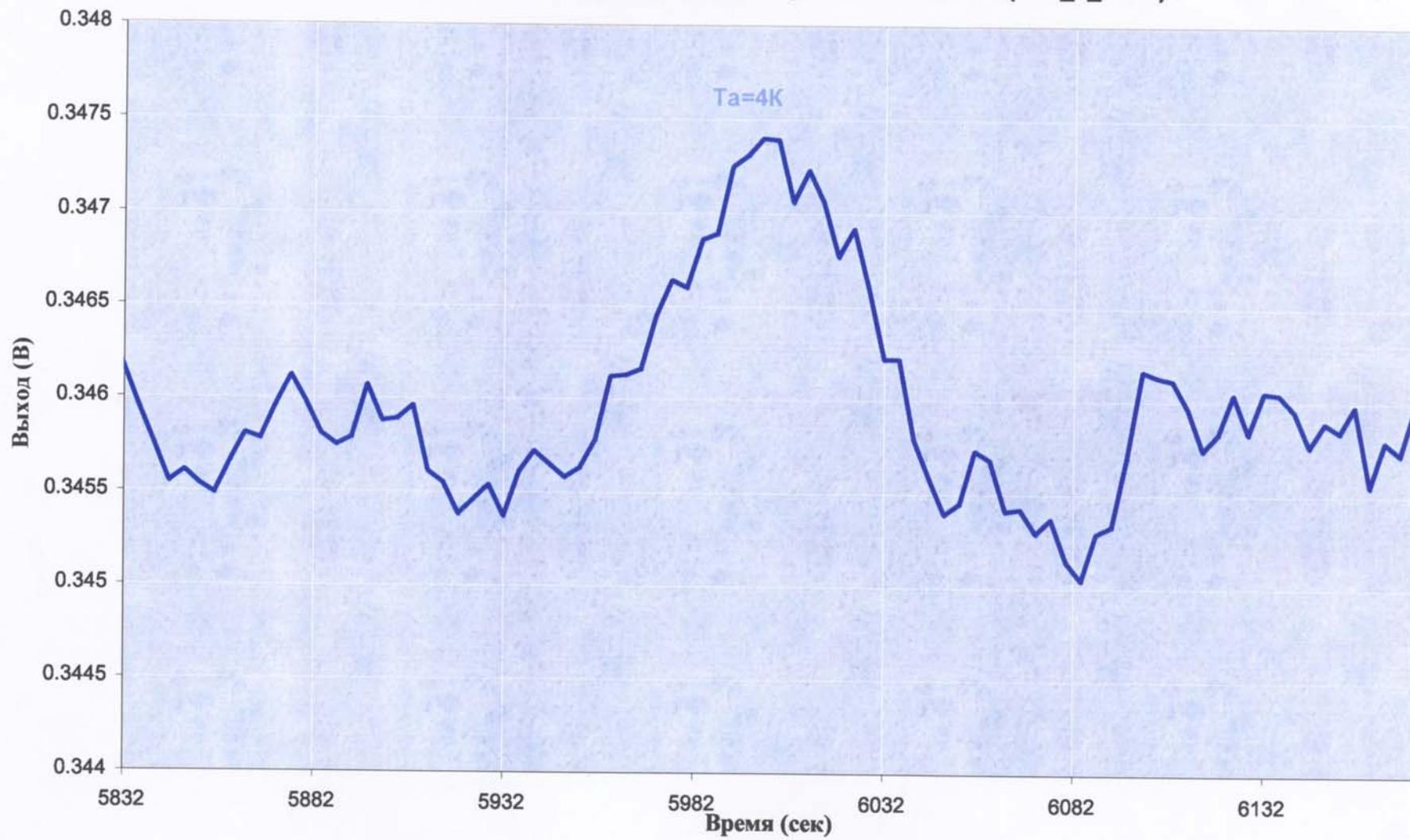
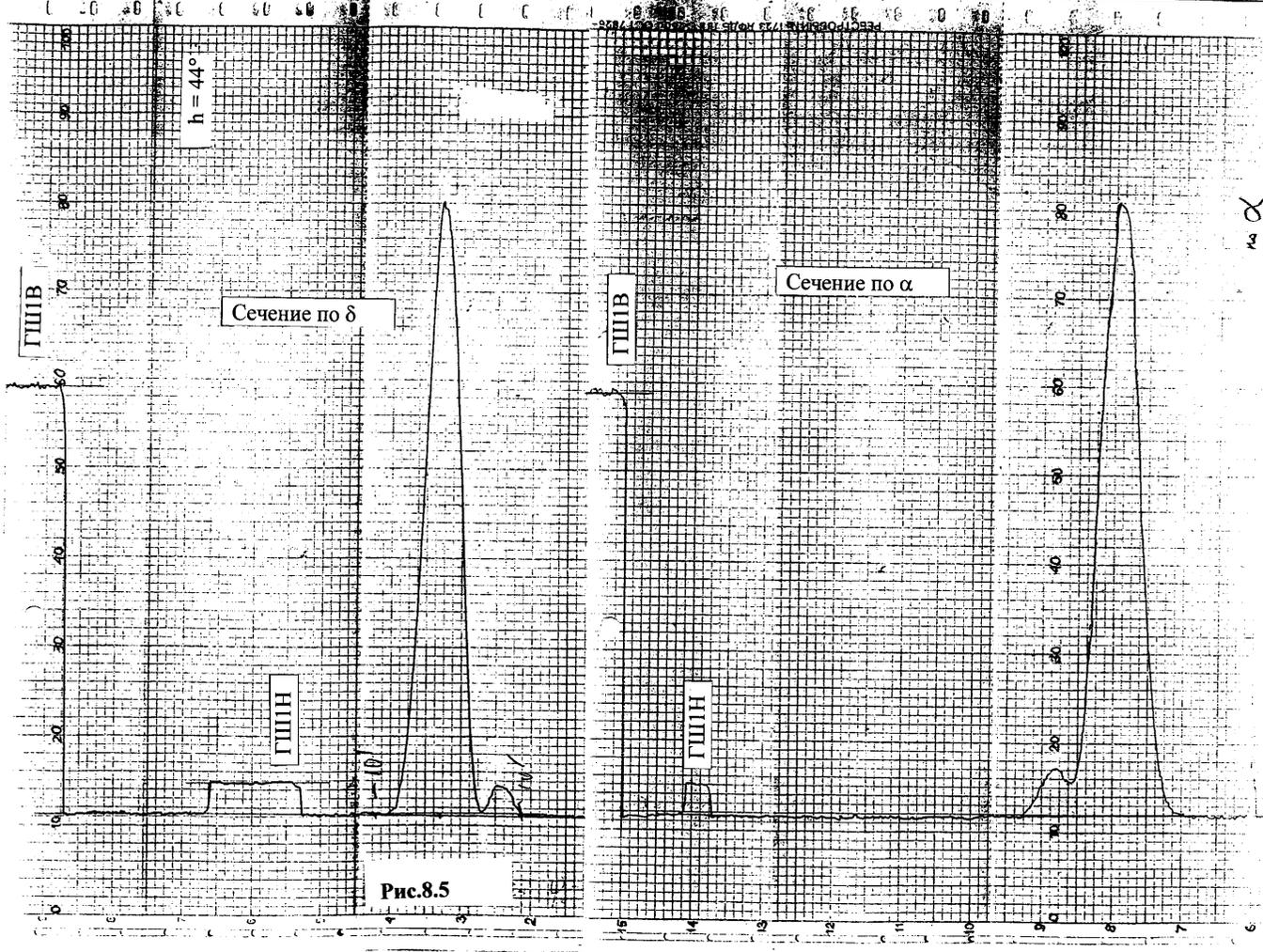


Рис.8.4

$\Gamma_{\text{ШВ}} = 9 \text{ мм}$ $W_{\text{ЧДН}} = 172 \text{ мм}$ $\Gamma_{\text{ШВ}} = 120 \text{ мм}$ $\Gamma_{\text{ШВ}} = 9 \text{ мм}$ $\Gamma_{\text{ШВ}} = 119 \text{ мм}$ $W_{\text{ЧДН}} = 177 \text{ мм}$



43

* - в тексте плотность потока S обозначается и как $P_{ист}$.

Результаты определения ширины главного лепестка (по половинной мощности) указаны в колонке 2 итоговой таблицы 11.

8.3 Измерение эффективной площади (и КИП) антенны

Для измерения эффективной площади КРТ в диапазоне 18 см использовались источники Кассиопея А, Лебедь А, которые, как указывалось, являются самыми сильными источниками непрерывного излучения на этой длине волны и находятся в пределах одного порядка по величинам потоков. Кроме того, у них хорошо измерены спектры в интересующем нас диапазоне частот. Источник Кассиопея А, имеет слабый дрейф потока, величина которого известна, и ее можно точно учесть (менее 1% в год).

На длине волны 18 см размеры радиоисточников много меньше полуширины диаграммы направленности и не было необходимости вносить поправки при расчете ее полуширины.

Температурная привязка (шумовая) и запись радиоисточников выполнялись на одной и той же шкале усиления приемника, что исключало ошибку, возникающую при переключении шкал приемника.

Измерения выполнялись с помощью определения антенной температуры от источника. Для этого антенна выставлялась в упрежденную точку для прохождения радиоисточника Кассиопея А через диаграмму направленности. Необходимо было обеспечить запись шумов радиометра до прохождения и после прохождения источника в течение 300 независимых точек для надежного определения нулевого уровня от которого отсчитывается сигнал. После прохождения радиоисточника записывался уровень калибровочного сигнала и уровень без него в течение времени, занимаемого 300 независимыми точками съема данных.

По амплитуде записи радиоисточника с помощью калибровочного сигнала определялась антенная температура от источника $T_{ист}$. Далее находилось значение эффективной площади КРТ $S_{эфф}$ из соотношения:

$$S_{эфф} = (2k \cdot T_{ист}) / P_{ист}, \quad (5)$$

где $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ джоуль/град – постоянная Больцмана,

$P_{ист}$ – поток радиоисточника Кассиопея А на длине волны 18 см.

Регистрация информации с радиометрических выходов производилась на самописцы КСП-4 и параллельно с помощью автоматических регистраторов данных.

Описанная процедура повторялась также для источника Лебедь А.

Запись сигнала от Лебедь А на 18 см в режиме охлаждения ФУ показана на рис. 8.3.

Для определения эффективной площади использовались также тарировочные графики из формуляров на каждый приемник. Для этого, в соответствии с ПМ РАП осуществлялась запись прохождения источников через неподвижную диаграмму направленности радиотелескопа (как изложено в предыдущем пункте). В этом случае расчет $S_{эфф}$ проводился по формуле:

$$S_{эфф} = P_c / [P_{ист} (P_{ш} / 2k \cdot T_{сист})], \quad (6)$$

где P_c и $P_{ш}$ – пересчитанные по тарировочным графикам измеренные значения выходных напряжений с приемника при наведении на источник U_c и отведении антенны с источника – $U_{ш}$.

Недостатком этого метода являлось то, что в нем использовались значение температуры шумов $T_{\text{сист}}$, которое было определено с некоторой дополнительной ошибкой. Таким же образом определялась $S_{\text{эфф}}$ и в диапазоне 6 см.

В диапазоне 1,35 см из-за частичного разрешения Кассиопеи А измерения эффективной площади по этому источнику скорректированы с учетом поправочного коэффициента g по известной формуле $g = 1 + (\varphi_{\text{КасА}} / \varphi)^2 = 1,49$. Теоретическая оценка поглощения в атмосфере на длине волны 1,35 см вблизи зенита дала для поправочного коэффициента $k_{\text{атм}}$ к измеренной эффективной площади за поглощение в атмосфере на длине волны 1.35 см значение 1,17.

Результаты определения $S_{\text{эфф}}$ и КИП записаны в колонках 3 и 4 таблицы 11. Все измерения по источникам выполнены в режиме суточного прохождения источников через диаграмму направленности неподвижной антенны. Нестабильность полного коэффициента усиления $\Delta G/G$ вычислялась по следующей формуле:

$$\Delta G/G = \{\sigma^2 - \sigma_0^2\}^{1/2} T_{\text{сист}}, \quad (7)$$

где σ - измеренное среднеквадратичное значение флуктуаций шумов системы, приведенное в Таблице 12.1,

а σ_0 - теоретическое значение, рассчитанное по формуле (3) с использованием измеренного значения $T_{\text{сист}}$ и паспортных значений для остальных величин. Измеренные значения постоянной времени (1 сек) совпали с паспортными в пределах точности измерений (равной 10 процентам), поэтому использовались паспортные значения.

При достаточном отношении сигнал/шум определялся уровень симметрии главного лепестка диаграммы направленности КРТ. В случае симметрии площадь левой и правой частей главного лепестка были одинаковыми. Наличие асимметрии свидетельствовало бы о выносе фокального центра облучателя с электрической оси радиотелескопа. Сигнализацией к этому могло бы служить и смещение времени прохождения источника относительно расчетного момента.

Следует отметить, что регулировка фокуса антенны не проводилась из-за эксплуатационных трудностей регулировки положения ФУ в зимнее время на высоте 16 м. Поэтому полученные параметры КРТ, казалось бы, нельзя назвать наилучшими: они соответствуют первоначальной геометрической установке рефлектора в положении зенит (см. раздел 3). Тем не менее параметры соответствуют расчетным значениям в пределах ошибок измерений.

9. Оценка влияния ВИРК на КРТ (ЭМС)

Как упоминалось в разделе 2, аппаратура ВИРК с лабораторным рупорным антенным облучателем не могла быть на Полигоне штатно размещена относительно КРТ. Кроме того, из-за соображений безопасности (от СВЧ излучения передатчиков) не излучалась полная мощность (10 Вт на 15 ГГц). Поэтому включалось ослабленное излучение передатчиков во время контроля радиометрических выходов КРТ всех диапазонов.

Как видно из записей на Рис. 9.1 ÷ 9.3 в периоды включения передатчиков (серые области на рисунках) влияние такого излучения со стороны ВИРК на фоне выходных шумов не отмечается. В дальнейшем при испытаниях на ЭМС с космическим аппаратом эти измерения требуется повторить в реальном режиме по геометрии и по излучаемой мощности.

10. Дополнительные исследования параметров в диапазоне 92 см.

Высокий уровень внешних промышленных помех вблизи 324 МГц (92 см) в месте расположения Полигона не позволял надежно принимать излучение небесных радиисточников, что вначале вызвало подозрение на работоспособность этого тракта. Это потребовало проведения дополнительных измерений на Полигоне в ПРАО. Дополнительные исследования проводились после завершения основной программы РАП (после проведения интерферометрического эксперимента). Было принято техническое решение КРТ-73-04 о демонтаже фокального модуля (ФМ) с изделия 1405/1 с целью дальнейшей проверки состояния тракта 92 см.

Проведены следующие операции:

1) Для обеспечения доступа к аппаратуре ФУ была снята теплоизоляция НСОТР. Контрольные измерения величины КСВН в трактах БАО-92 показали наличие их расстройки. После дополнительной подстройки получены следующие значения величины КСВН в центре и при расстройках

	$(f_0 - 4\text{МГц})$	f_0	$(f_0+4\text{МГц})$
Канал П	2	2	2
Канал Л	2	1,4	2

В этом случае потери на рассогласование в тракте соответствуют кпд $\eta_{cp} \geq 0,89$.

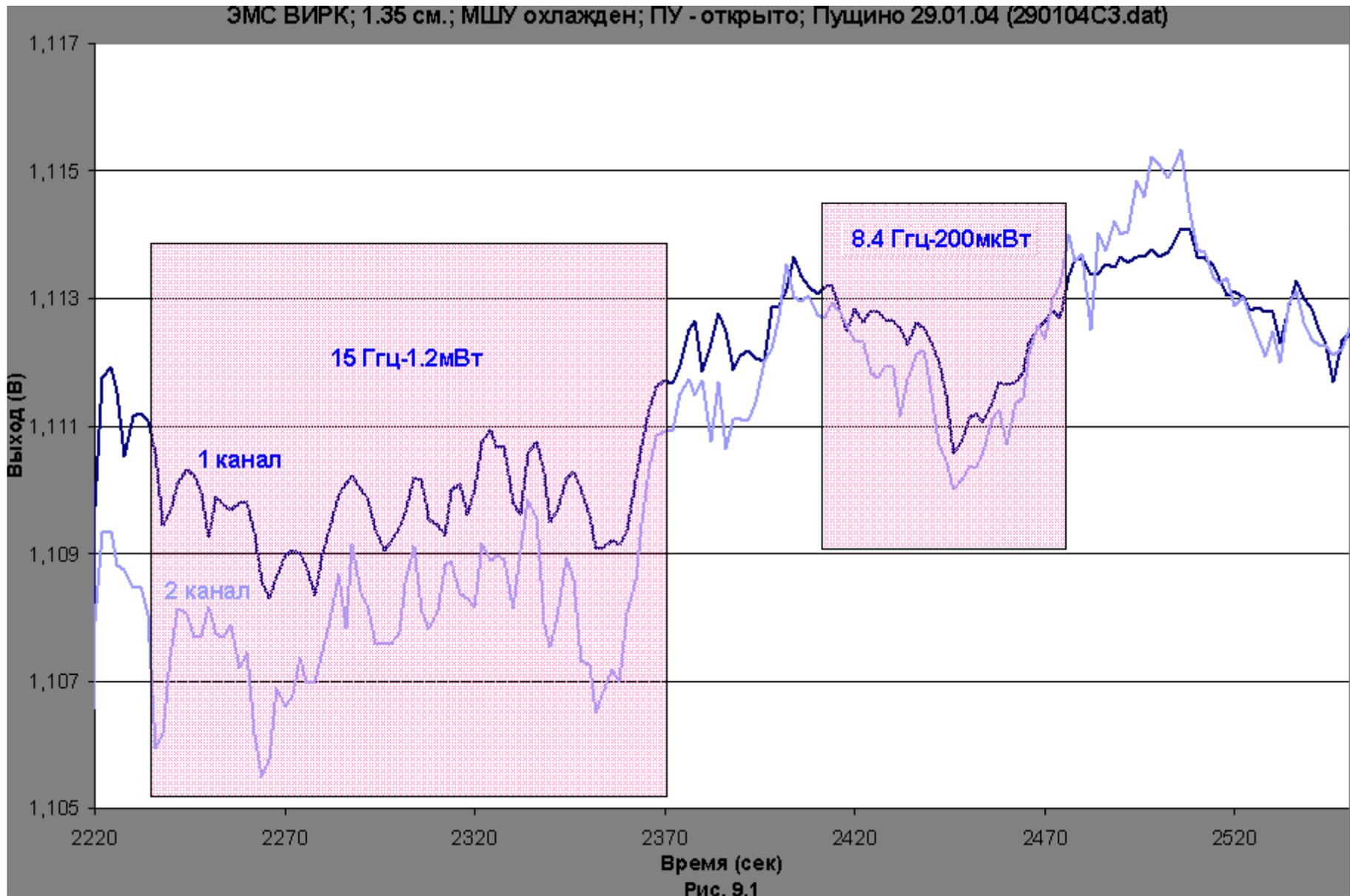
2) В лаборатории на макете проведена экспериментальная проверка влияния несущих штанг (ног) ФК на характеристики излучения облучателя диапазона 92 см.

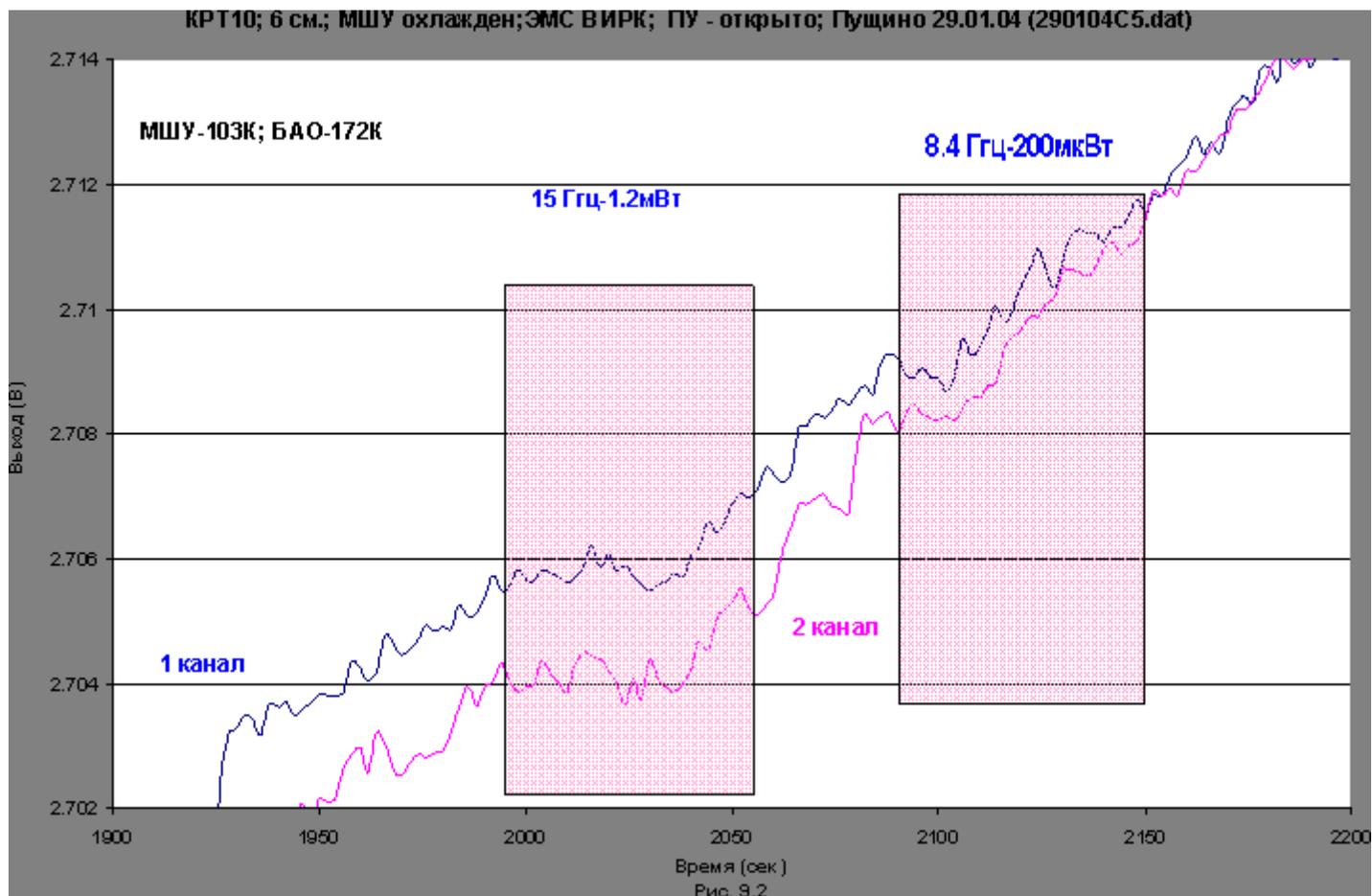
Для этого была изготовлена модель облучателя со штангами (М1:11) и на пропорционально увеличенной частоте проведены измерения диаграмм направленности облучателя при отсутствии и наличии несущих штанг для двух поляризаций поля. При этом использовалась модель облучателя в виде открытого конца круглого волновода с волной Н11.

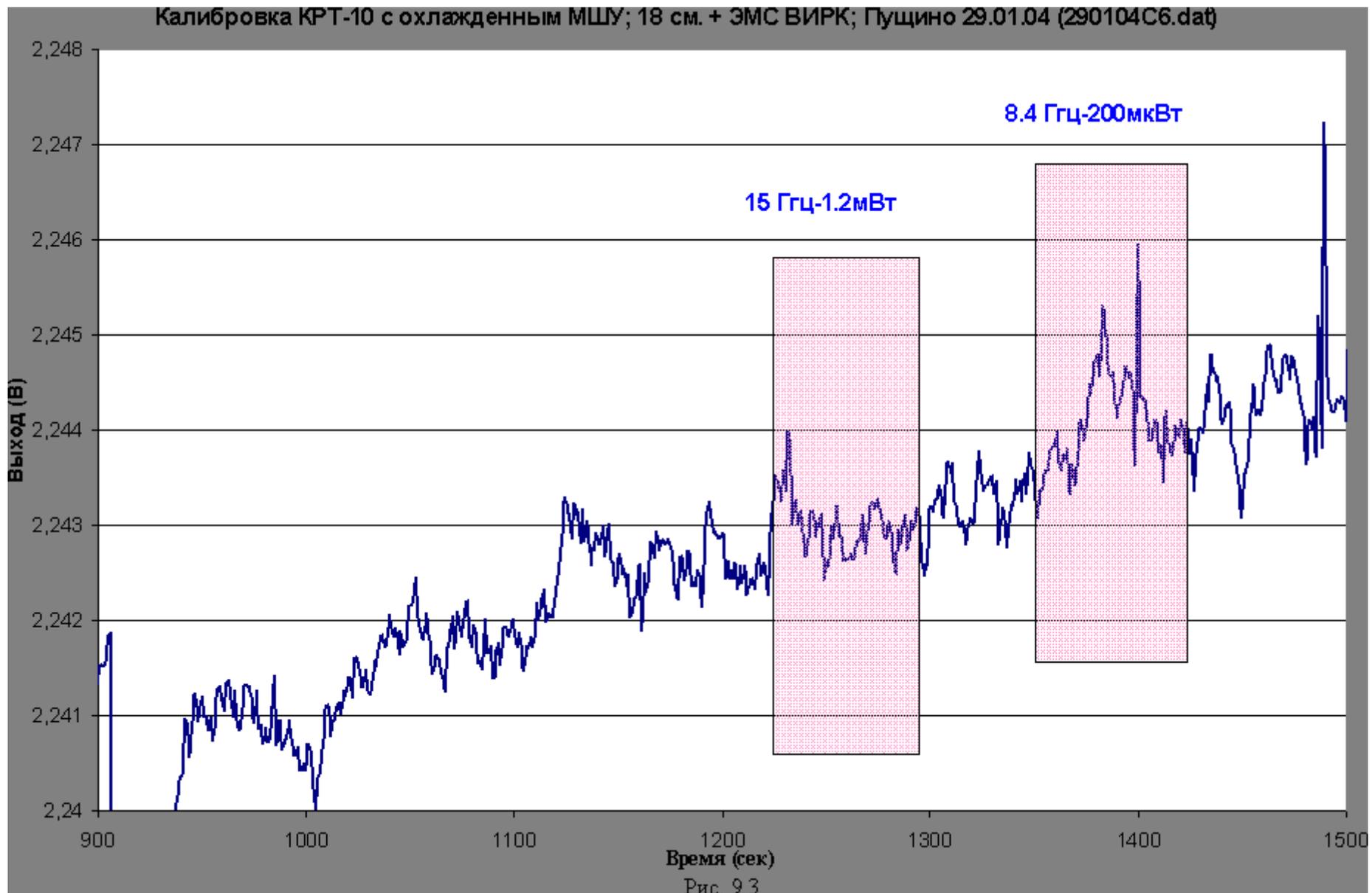
Обработка результатов показала, что:

- В свободном пространстве КИП $\approx 0,96$.
- При наличии штанг КИП $\approx 0,86$.

Расчетная оценка затенения поля штангами ФК методом геометрической оптики в результате дала снижение КИП телескопа на 0,7дБ.







3) Проведены измерения диаграмм направленности реального облучателя, для чего ФК подвешивался в вертикальном положении излучающим раскрытом вниз на высоте $h \approx 2$ м от поверхности пола. На полу под контейнером располагалась передающая антенна типа волновой канал, излучавшая вертикально вверх.

Фиксировался принятый сигнал, а затем передающая антенна сдвигалась по полу, причем в определенных положениях ее фиксировался принятый сигнал.

Сложные условия эксперимента (местные предметы, переотражение, помехи и т.д.) не позволили сделать убедительные количественные оценки, однако, качественно можно констатировать, что в пространстве формируется основной лепесток без провалов в осевом направлении.

Проведенные проверки позволили сделать вывод о работоспособности БАО с не катастрофичными изменениями по расстройке и потерям.

4) Была проведена температурная калибровка внутренних шумовых генераторов (калибровочных ступенек) с использованием температурного перепада равного примерно 96 К (температура нагрузки при 100° С – температура нагрузки при температуре окружающей среды) на согласованной нагрузке (с калиброванным КСВН =1.05), временно установленной для этих целей вместо облучателя на входе коаксиального тракта к ФК. Подобная привязка, выполненная несколько раз, увеличила точность определения эффективной площади на этой длине волны по сравнению с другими длинами волн.

5) Для уточнения помеховой обстановки были проведены дополнительные исследования одновременно на РТ-22 и КРТ. Результаты оказались подобными для КРТ и РТ-22. Составленная по измерениям область воздействия помех показана на Рис.10.1.

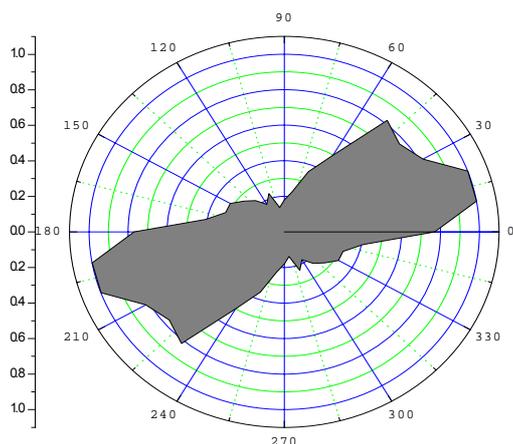


Рис. 10.1 Уровень помех на РТ-22 в диапазоне 92 см в зависимости от направления по азимуту. Азимут ноль – направление на Юг.

б) На входе приемника 92 см временно устанавливался узкополосный фильтр для ограничения уровня помех в полосе приемника, что заметно подавляло помехи вне полосы фильтра (в 2-3 раза).

Поиск наименьшего влияния помех в течение суток привел к значительному увеличению затрат наблюдательного времени не только из-за широкой диаграммы направленности на этой длине волны, но и из-за необходимости проводить фактически круглосуточные наблюдения источников. Круглосуточный режим помог найти возможность наблюдения космических источников при минимальном уровне помех в отдельные заранее неизвестные периоды времени.

Ниже показаны записи с радиометрических аналоговых выходов на самопишущие милливольтметры типа КСП-4 с компенсацией постоянной составляющей выходного сигнала и в цифровом виде записью в файл с последующей обработкой.

На рис. 10.2 показана запись прохождения источника Cas A, диапазон 92 см (без фильтра на входе) 12.03.2004.

На рис. 10.3 в ночь с 12 на 13 марта 2004г. зарегистрированы результаты одновременных наблюдений радиоисточника CygA в диапазонах 92 см (1 и 2 каналов) и 18 см (1 канал). Это позволило более уверенно регистрировать момент прохождения максимума записи на длине волны 92 см.

На рис. 10.4 и 10.5 даны аналогичные записи от Cas A; в тракте 92 см установлен фильтр с полосой 16 МГц с затуханием $\sim 0,9$ дБ.

Учитывая высокий уровень помех, а также необходимость больших угловых перемещений телескопа при осуществлении режима наблюдений «наведение на источник – отведение с источника» и связанных с этим значительных колебаний выходного сигнала, в мартовских измерениях было принято решение ограничиться простым режимом наблюдений при неподвижном зеркале радиотелескопа. При этом радиоисточник проходил суточным движением через неподвижную диаграмму направленности инструмента. Подобный режим позволил избежать изменений выходного уровня сигнала приемника из-за изменений антенной температуры от Земли и окружающих построек. Однако, время измерений при этом возросло до 5-9 часов (в зависимости от склонения радиоисточника).

Измерение шумовой температуры системы в диапазоне 92 см производилось по перепаду «антенна, установленная в зенит – выключенный гетеродин приемника». Этот перепад ставился в соответствие с величиной калибровочной ступеньки, которая была измерена по температурному перепаду «температура нагрузки при 100° С минус температура нагрузки, находящейся в окружающей среде».

Использование режима прохождения через неподвижную диаграмму направленности радиотелескопа суточным движением радиоисточника дало возможность определить ширину главного лепестка диаграммы направленности радиотелескопа (φ) по формуле (6) с использованием временной привязки записи прохождения источника и зная угловую скорость его перемещения. Указанный параметр определялся, как правило, по источникам Кассиопея А и ЛебедьА, которые обеспечивали достаточное отношение сигнал/шум (см. пример записи скана на рисунке 10.3).

Были выполнены оценки величин ближайших боковых лепестков диаграммы направленности радиотелескопа. Их величина не превысила 5%.

Эффективная площадь определялась по двум радиоисточникам Кассиопея А и Лебедь А. Итоговые значения параметров КРТ в диапазоне 92 см также помещены в таблицу 11.

КРТ-10, Пушино; диапазон 92 см. CasA; 12.03.04

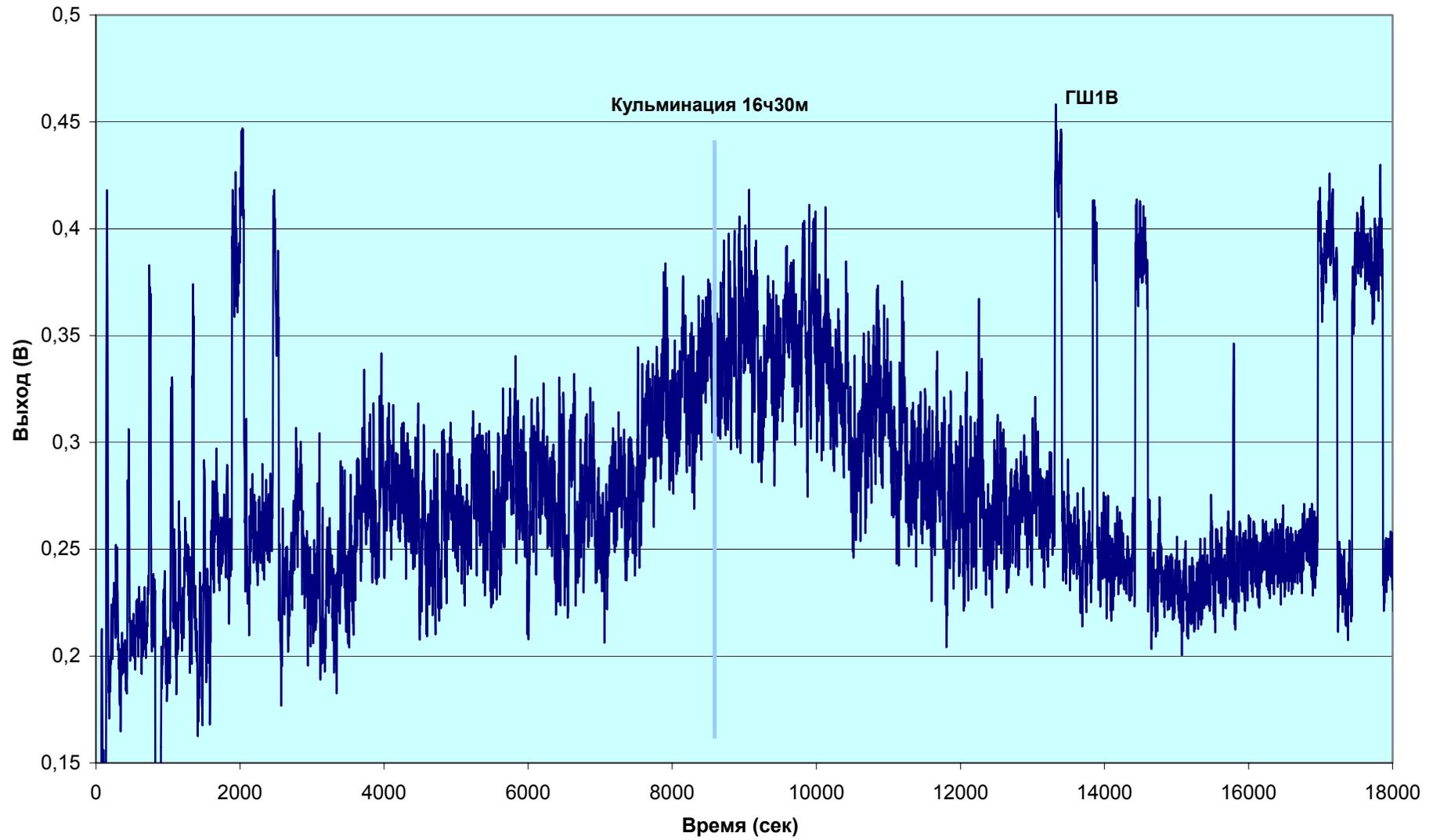


Рис. 10.2

КРТ-10, Пушино; диапазон 92 см., 18см. 1 к. СугА 12/13 Марта 2004 г.

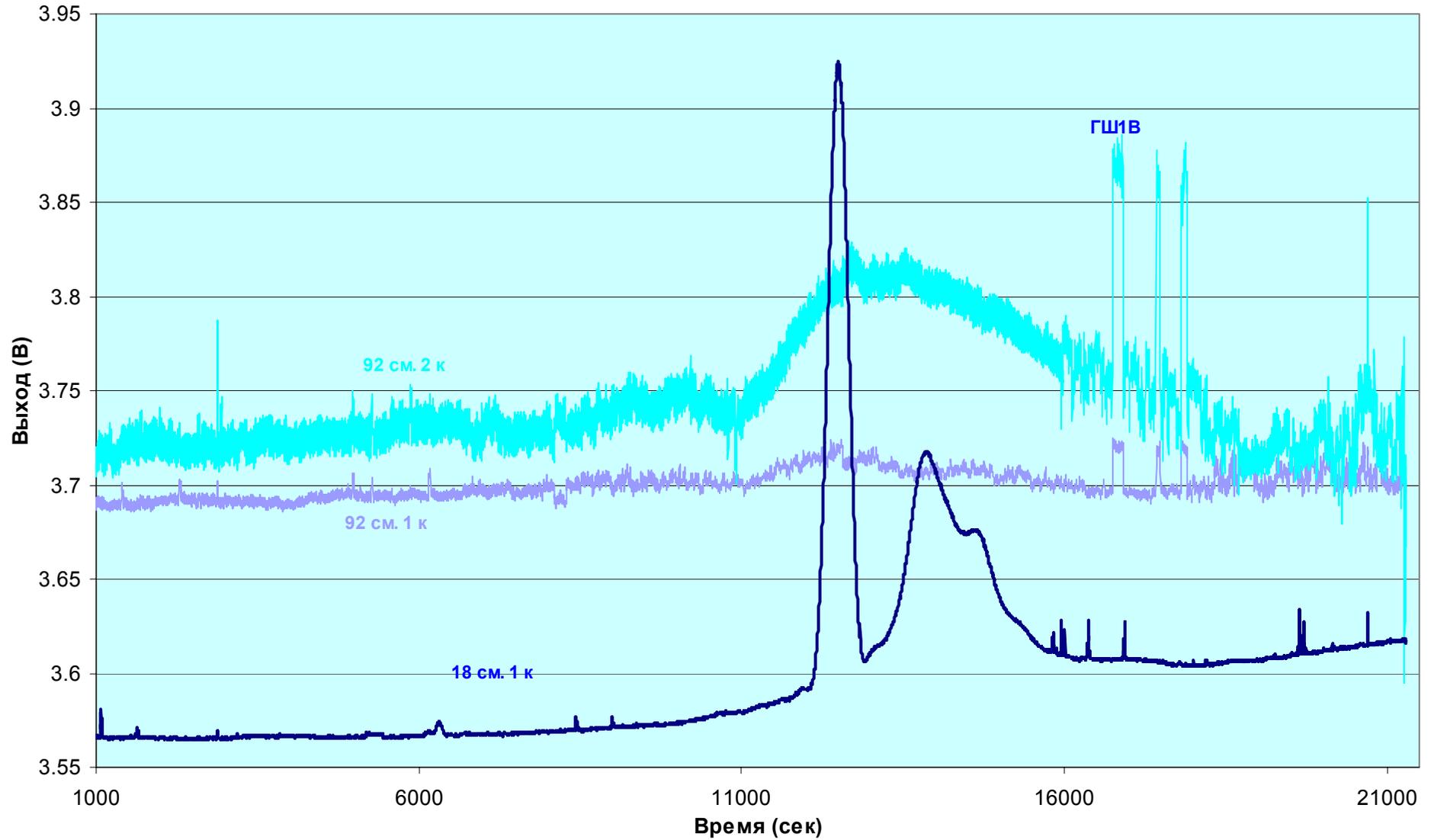


Рис.10.3

КРТ-10; Пуцино; CasA; 15.03.2004г. (На входе фильтр с полосой 16 мГц с затуханием ~0.9 дБ).

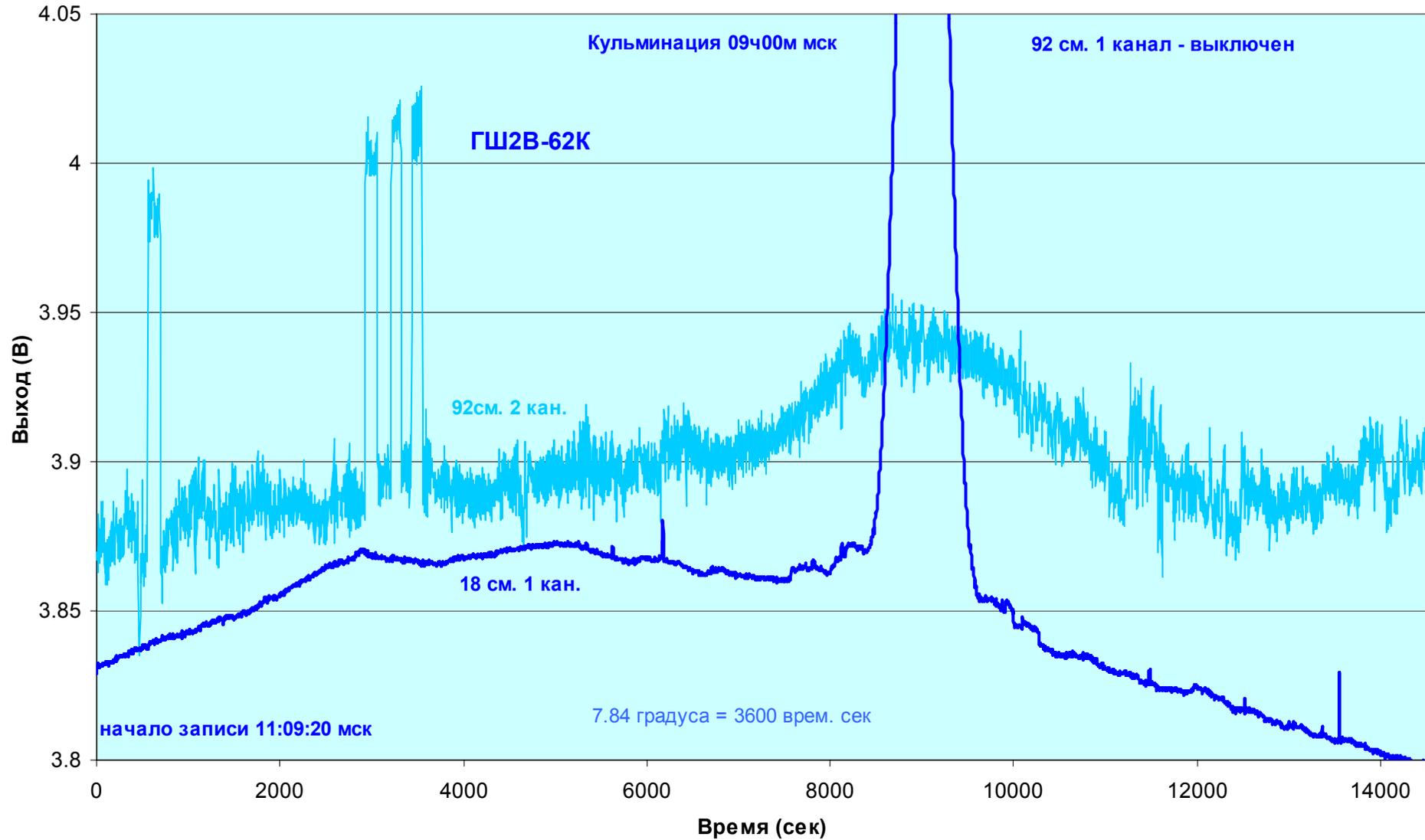
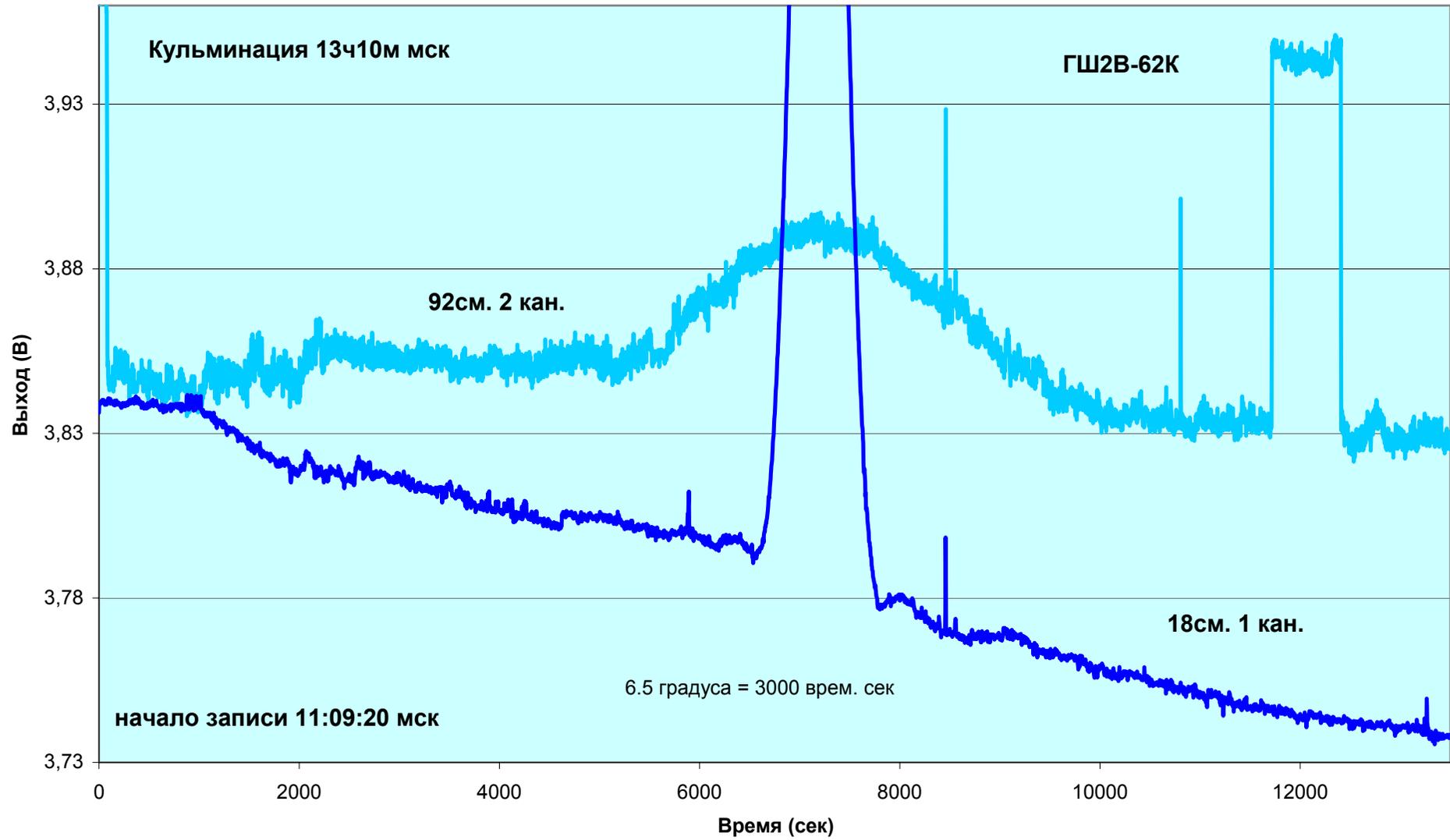


Рис.10.4

Рис.10.5

КРТ-10; Пушино; CasA; 15.03.2004г. (На входе фильтр с полосой 16 МГц с затуханием ~0.9 дБ).



11. Выводы по результатам определения интегральных параметров КРТ в радиометрическом режиме

1. Определение радиометрических параметров космического радиотелескопа по небесным источникам в условиях наземного полигона проводилось впервые, поэтому все операции требовали отработки на месте, следуя предпосылкам, заложенным в документе ПМ РАП.

2. Зимние условия, необходимость проведения некоторых работ (охлаждение ФУ) на высоте 16 м, чрезвычайно высокий уровень промышленных помех в диапазоне 92 см и организационные трудности (вахтовый метод при ограниченном числе участников) осложняли работу и сделали ее продолжительной (ноябрь 2003 – март 2004, вместо планировавшихся 2-3 месяцев).

3. Программа была выполнена, искомые радиометрические параметры КРТ определены и представлены в таблице 11.

3.1. В целом КРТ после впервые сделанной сборки электронного комплекса с антенной функционировал как запроектированный радиотелескоп. Подготовка и проведение РАП позволили определить его основные радиоастрономические параметры. Худшее значение некоторых параметров по сравнению с расчетным ($T_{\text{сист}}$) означает необходимость для летного образца тщательного определения **всех составляющих потерь в отдельности** до интегральных измерений.

Таблица 11

λ (канал) см	φ угл. мин.	$S_{2\text{эф}}$ м ²	КИП	$T_{\text{сист}}$ без охл.,К	$T_{\text{сист}}$ с охл.,К	σ без охл К	$\Delta G/G$ эфф.	Р-источник
1	2	3	4	5	6	7	8	10
92 см канал1	$6^0 \pm 0^0,6$	25.1 ± 3	0,32	410 ± 60	-	2,4 (0,10)	$6 \cdot 10^{-3}$	Лебедь А и Кассиопея А
92 см канал2	$6^0,3 \pm 0^0,3$	23.1 ± 3	0,30	400 ± 60	-	1.2 (0,10)	$3 \cdot 10^{-3}$ -	Лебедь А и Кассиопея А
18 см канал1	$74 \pm 1,5$ $75 \pm 1,5$	$40,5 \pm 8$ $38,5 \pm 8$ $39,4 \pm 8$	0,52 0,49	350 ± 70	170 ± 34	$0,180 \pm 40$ (0,035)	$5 \cdot 10^{-4}$	Кассиопея А, Лебедь А, Лебедь А (с охл)
6,2 см канал1	26 ± 1 25 ± 1	$40,5 \pm 8$ $41,0 \pm 8$ $35,8 \pm 8$	0,52 0,52	489 ± 98	248 ± 50	$0,040 \pm$ $0,008$ (0,039)	$1 \cdot 10^{-5}$	Кассиопея А, Лебедь А, Лебедь А (с охл)
6,2 см канал2	- -	$38,8 \pm 8$ $39,5 \pm 8$	0,49 0,50	491 ± 98	257 ± 50	$0,057 \pm$ $0,011$ (0,039)	$8 \cdot 10^{-5}$	Кассиопея А, Лебедь А
1,35см канал1	$5,3 \pm 0,5$ $5,8 \pm 0,5$	$24,5 \pm 5$ $24,4 \pm 5$	0,31 0,31	486 ± 98	211 ± 42	$0,030 \pm$ $0,006$ (0,024)	$4 \cdot 10^{-5}$	Кассиопея А, Лебедь А
1,35см канал2	- -	$29,5 \pm 5$ $26,2 \pm 5$	0,38 0,33	460 ± 92	196 ± 39	$0,042 \pm$ $0,008$ (0,023)	$8 \cdot 10^{-5}$	Кассиопея А, Лебедь А

Примечание к таблице 11.

1. Относительная эффективная нестабильность коэффициента усиления по радиометрическому выходу $\Delta G/G$ оценена на масштабах времени интегрирования 1 секунда.
2. Указанное в скобках значение σ рассчитано по формуле (3).
3. Ширина главных лепестков (φ) диаграмм направленности антенной системы КРТ соответствует ожидавшимся значениям.
4. Значения $S_{эфф}$ и КИП получены расчетом с использованием измеренных значений $T_{сист}$ и данных о плотностях потоков радиоисточников и поэтому могут содержать погрешности. В диапазоне 1,35 см сказывается неточность профиля рефлектора, особенно при наклонениях КРТ от зенита.
5. Наибольшие отклонения (по сравнению с расчетными) получены для значений $T_{сист}$. При этом, $T_{сист}$ без охлаждения было близко к паспортной температуре шумов на входе приемника $T_{пр}$ на 1.35 см; в 2 раза больше паспортной $T_{пр}$ на 6.2 см и в 9 раз больше паспортной $T_{пр}$ на 18 см.
Ненадежная шумовая калибровка трактов частично может объяснить такие отклонения в значениях $T_{сист}$. Метод «ПУ открыт – ПУ закрыт» (см. раздел 6.2) содержит ряд неопределенностей и мог дать завышенное значение $T_{сист}$.
6. Относительное снижение $T_{сист}$ (вдвое) при физическом охлаждении ФУ (МШУ+БАО) соответствует расчетному значению.

12. Результаты подготовки интерферометрического эксперимента на базе КРТ-РТ22

Подготовка радиоинтерферометрических наблюдений

Для проведения РАП в режиме двухэлементного радиоинтерферометра с короткой базой в качестве плеч интерферометра использовались радиотелескоп КРТ и радиотелескоп РТ-22 ПРАО, и требовалась подготовка всех систем интерферометра. Основное время заняла подготовка систем интерферометра.

1) Опорные сигналы

В качестве источников стабильных опорных сигналов использовались:

- бортовые рубидиевые стандарты частоты RUSO/RA;
- наземный водородный стандарт частоты VCH-1005 на Полигоне РАП КРТ;
- наземный водородный стандарт частоты – полукомплекты Ч1-80 и Ч1-70 (Ч1-80 / 70) на радиотелескопе РТ-22.

По программе проведения РАП КРТ в режиме интерферометра предусматривалось проведение наблюдений сильных небесных радиоисточников при использовании общего опорного сигнала (ООС) для систем частотообразования (СЧО) обоих плеч радиоинтерферометра и отдельных (РОС) - для СЧО в каждом плече интерферометра.

Для наблюдений радиоисточников с использованием ООС предусматривалась трансляция одного из опорных сигналов водородного стандарта частоты (ВСЧ) на другое плечо интерферометра по фазостабильной коаксиальной радиолинии длиной порядка 600м.

Для проведения наблюдений радиоисточников с РОС предусматривалось использование рубидиевого стандарта RUSO/RA или водородного стандарта VCH-1005 для плеча КРТ и водородного стандарта Ч1-80/ 70 для плеча РТ-22.

15 декабря 2003 г. произведено включение водородного стандарта частоты и времени Ч1-80/ 70.

12 января 2004 г. Tutc=11:00 произведена синхронизация шкалы времени водородного стандарта частоты и времени Ч1-80/ 70 на РТ-22. Задержка на момент синхронизации Ч1-80 относительно GPS с учетом набега по кабелю составляет $+4,74 \pm 0.04$ мкс.

На период времени с 12 по 25 января 2004 г. ход времени водородного стандарта PT22 составляет не более 1 мкс относительно GPS.

24 декабря 2003 г. произведено включение водородного стандарта частоты и времени VCH-1005.

14 января 2004 г. Tutc=10:45 произведена синхронизация шкалы времени водородного стандарта частоты и времени VCH-1005 на полигоне РАП КРТ.

Задержка на момент синхронизации VCH-1005 относительно GPS составляет с учетом набега по кабелю $+1,54 \pm 0.2$ мкс.

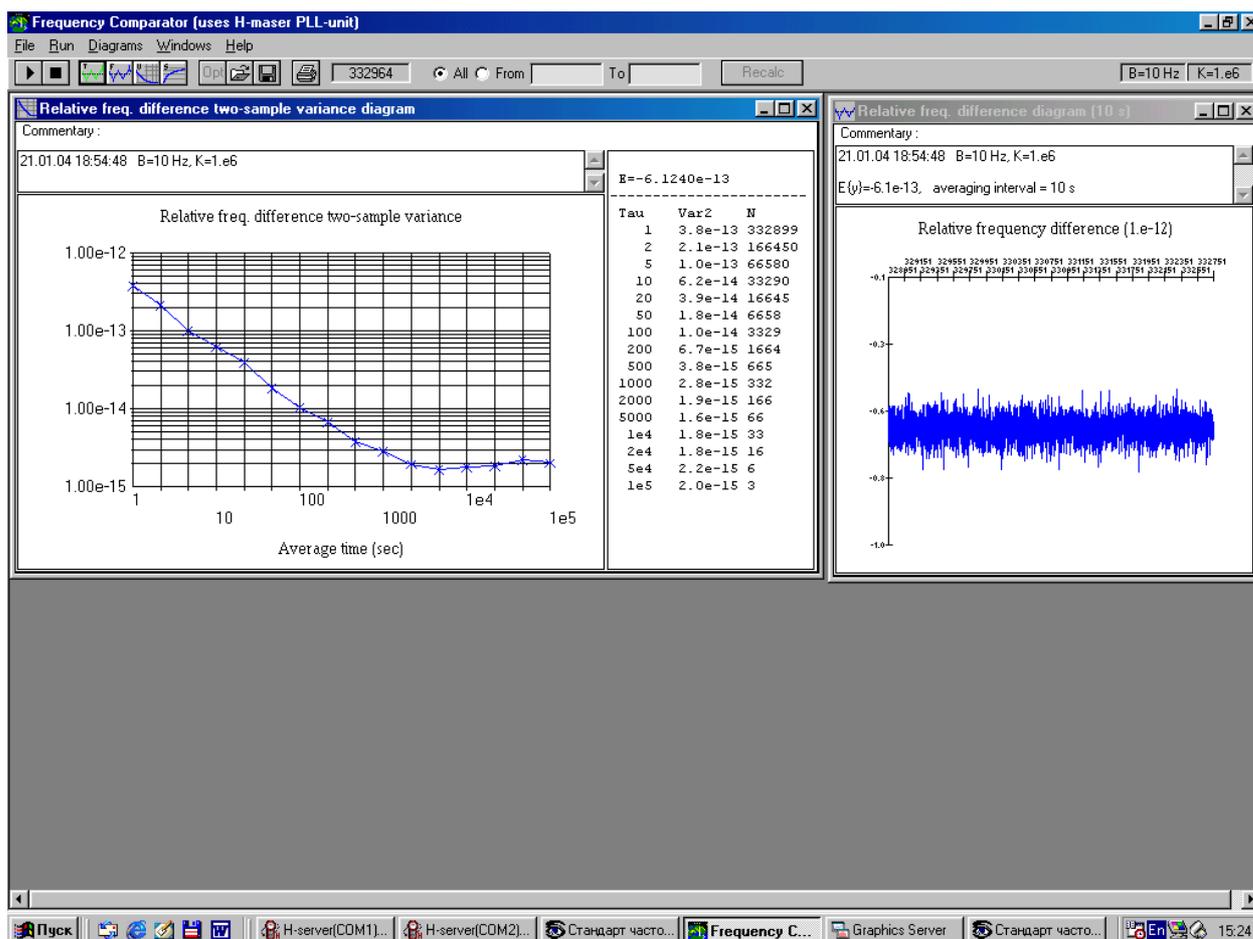
С 14.01.2004 11:00UTC по 21.01.2004 10:45UTC тренд водородного стандарта VCH-1005 относительно GPS составляет $-0,0051$ мкс/час.

Перед проведением интерферометрического эксперимента на волне 1,35 см 22.01.2004 Tutc=11:00 произведена повторная синхронизация шкалы времени водородного стандарта частоты и времени VCH-1005 на полигоне РАП КРТ.

С 22.01.2004 11:00UTC по 25.01.2004 10:45UTC тренд водородного стандарта VCH-1005 относительно GPS составляет $-0,0042$ мкс/час.

С 21 по 25 января 2004 г. проведена проверка стабильности VCH-1005 на периодах усреднения от 1сек до 10^5 сек..

Дисперсия Аллана показана на распечатке:



2) Частотное обеспечение плеча КРТ

Проверки чистоты линии спектра опорных сигналов производились по схеме, изображенной на рис.12.1.

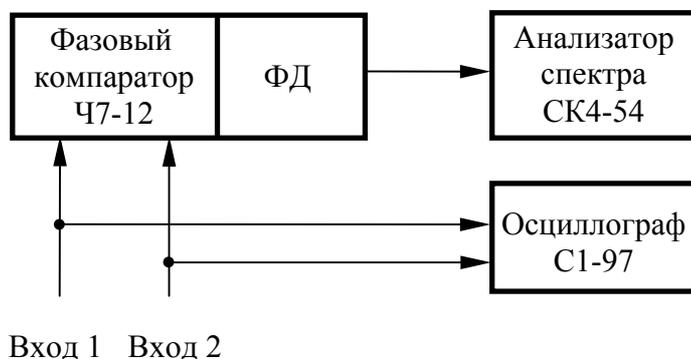


Рис.12.1

Сравниваемые сигналы - это или опорный сигнал на входе длинной линии и тот же сигнал, прошедший по линии и возвращенный по аналогичной линии (метод длинного шлейфа), или опорный сигнал с одного опорного генератора и сигнал, пришедший по линии с другого опорного генератора. Сравниваемые сигналы подаются на Входы 1 и 2. Далее эти сигналы подаются на вход фазового детектора (ФД) либо непосредственно, либо с декадным умножением разности сравниваемых сигналов (для увеличения разрешающей способности фазового компаратора). Параллельно входам компаратора сигналы подаются на входы двухканального осциллографа для визуального наблюдения (амплитуды, фазы, наводок, флуктуаций, синхронности и т.п.). Сигнал с выхода ФД подается на анализатор спектра для определения чистоты линии спектра (фазовые шумы и дискретные составляющие).

Первые же проверки показали невозможность непосредственного использования опорного сигнала, принятого с радиолинии из-за сильных сетевых 50 Гц наводок, вызывающих паразитную фазовую модуляцию (ФМ) опорного сигнала с частотами, кратными 50 Гц. Это явление связано с наличием двух независимых контуров заземления аппаратуры Полигона РАП КРТ и РТ-22. При передаче сигналов по радиолинии контура оказываются гальванически связанными через внешний проводник (оболочку) коаксиального кабеля, по которому протекают уравнивающие токи контуров, вызывая паразитную модуляцию. Для исключения этого явления были использованы разделительные трансформаторы (ТР) на ферритовых кольцах, подключенные на выходе линии передачи опорного сигнала. ТР разрывают гальваническую связь заземляющих контуров и токи, протекающие между ними. В результате при передаче опорного сигнала ВСЧ Ч1-80 с РТ-22 на Полигон РАП КРТ уровень 50 Гц составляющих ФМ опорного сигнала уменьшился не менее чем на 40 дБ, и, практически, была снята паразитная амплитудная модуляция (АМ).

В ходе исследования чистоты линии спектра опорного сигнала на Полигоне РАП КРТ было отмечено еще одно возникновение паразитной ФМ от сети 50 Гц. Паразитная ФМ возникала при подаче опорного сигнала с ВСЧ VCH-1005 (комната 104) на буферные усилители-размножители опорного сигнала (комната 101). Как выяснилось, в комнате 104 отсутствует контур заземления Полигона и вся аппаратура ВСЧ "заземлена" на нейтраль силовой сети Полигона, которая заземлена на силовой подстанции на расстоянии, приблизительно, 200 м от Полигона. Установка ТР между выходом кабеля, соединяющего комн.104 (ВСЧ) и комн.101 Полигона, и входом размножительной аппаратуры опорного сигнала 5 МГц (аппаратура КРТ и КИА КРТ) устранила паразитные АМ и ФМ опорного сигнала на Полигоне РАП КРТ.

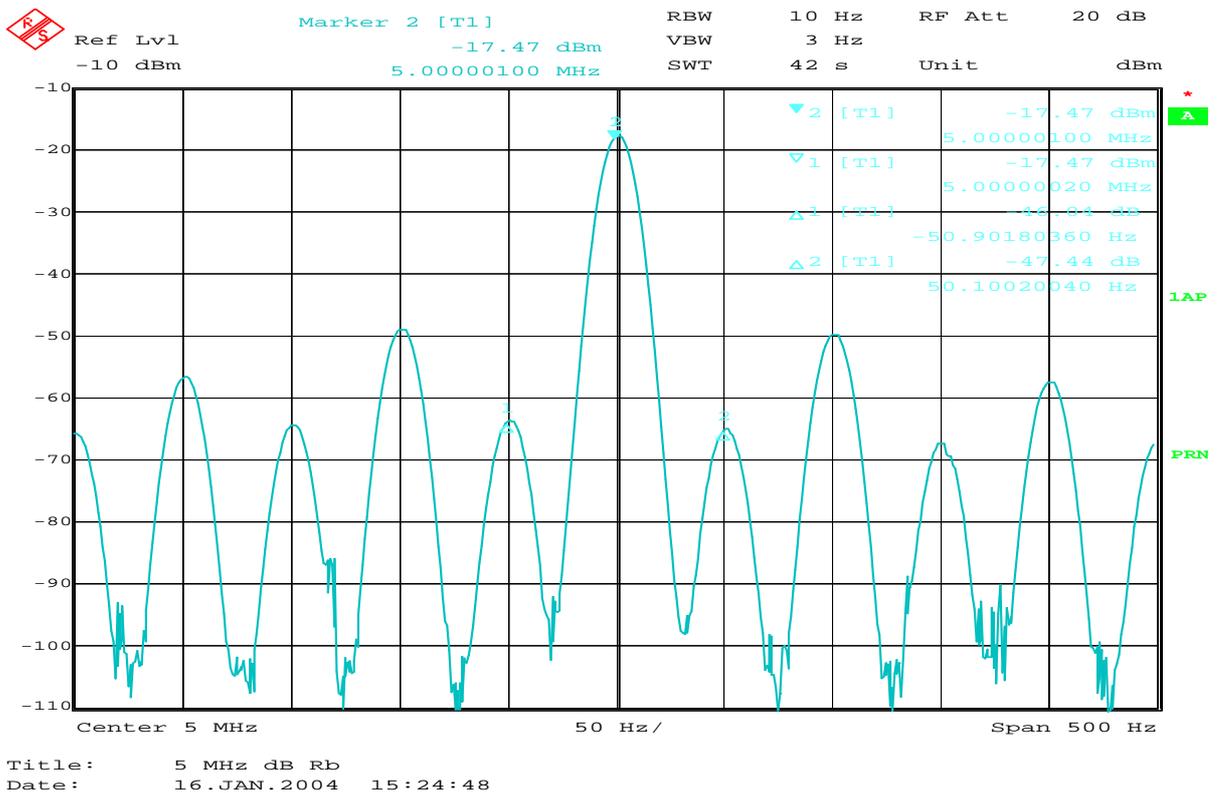


Рис.12.2 Спектр до введения трансформаторной развязки

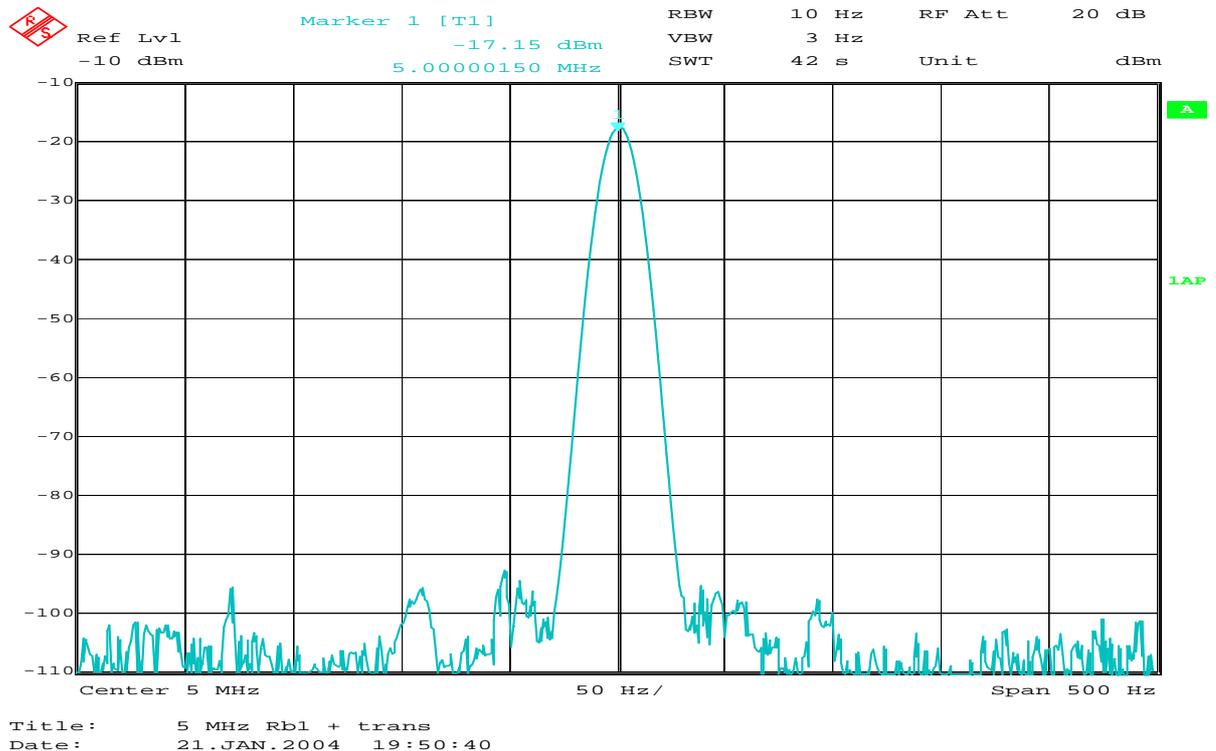


Рис.12.3 Спектр после введения трансформаторной развязки

Сетевые наводки возникли также при измерении спектров уже вторичных опорных сигналов (хотя эти наводки могут оказаться измерительными эффектами, т.к. при измерениях конкретно не выделялись фазовые шумы); причина - уже упоминавшееся различие потенциалов шины заземления Полигона и нейтральной шины силового питания Полигона. В настоящее время часть испытательного оборудования имеет клеммы

защитного заземления, которые соединяются с контуром заземления Полигона. Другая часть оборудования (компьютеры, мониторы и др.) уже имеет трехпроводные сетевые шнуры, через которые осуществляется подключение к защитному заземлению при подключении к сети питания. Но в условиях Полигона это “заземление” происходит на нейтральную шину питающей сети. При большом количестве оборудования и многочисленных взаимных соединениях образуются неконтролируемые контура токов, вызывающие всевозможные наводки на рабочие сигналы. Для сравнения, на рис.12.2 приведен спектр опорного сигнала БРСЧ измеренный без ТР, а на рис.12.3 – с использованием ТР.

Используемый на Полигоне опорный сигнал (5 МГц Н_{РТ-22} или 5 МГц Н_{Полиг}) через ТР подавался на формирователь шкалы времени «ШВ Полиг» и на размножитель сигналов, с которого эти сигналы распределялись по локальной высокочастотной сети для синхронизации частот комплекса ВИРК и для синхронизации системы ВЧО КРТ. Непосредственный контроль захвата частоты устройством ФАПЧ в системе ВЧО КРТ осуществлялся с помощью анализатора спектра “R & S, FSEK 30”. На вход этого прибора по технологическому кабелю с КРТ подавался вторичный опорный сигнал 160 МГц, засинхронизированный внешним опорным сигналом на водородной или рубидиевой основе. По измеренному значению частоты максимума спектральной линии и ее формы делалось заключение о нахождении сигнала в синхронизме с опорным сигналом. В ходе проведения антенных измерений КРТ было отмечено изменение флуктуаций сигнала на радиометрических выходах радиометра П-КРТ-1,35 см при режимах работы 2-го гетеродина «самоход/захват». Это может быть связано с изменениями уровня гетеродинного сигнала при переключениях режимов, т.к. наблюдается соответствующее изменение уровня флуктуаций и уровня сигнала на радиометрическом выходе.

3) Частотное обеспечение плеча РТ-22

При проведении всех испытаний с участием телескопа РТ-22 в качестве опорного сигнала использовался только сигнал с ВСЧ Ч1-80, которым синхронизировались формирователь шкалы времени «ШВ РТ-22», формирователь наземных гетеродинных частот и система DAS.

Контроль захвата частоты устройством ФАПЧ в системе ВЧО РТ-22 осуществлялся с помощью контрольных транспарантов на лицевой панели формирователя гетеродинных напряжений.

4) Временное обеспечение плеча КРТ

Формирование «ШВ Полиг» осуществлялось с помощью синхронизатора Ч7-37 и на основе того опорного сигнала, который использовался для формирования сигналов ВЧО КРТ.

Синхронизация секундных моментов времени (1 pps ШВ Полиг) осуществлялась по сигналам, принимаемым приемником GPS Службы Единого Времени (СЕВ) ПРАО, и транслируемым на Полигон по длинному кабелю. Задержка распространения сигнала на трассе СЕВ – Полигон составляла $\Delta\tau_{\text{СЕВ} - \text{Полигон}} = 1,54$ мкс.

Ввиду задержки ввода в действие локальной компьютерной сети между Полигоном и телескопом РТ-22, позволяющей автоматизировать установку показаний времени на всех системах и компьютерах, участвующих в РАП, установка наименования секунд «ШВ Полиг» производилось «на слух» по сигналам времени радиовещательных станций («6-й сигнал»).

Для удобства пользования в помещениях к.101А и к.103 были установлены цифровые табло времени, показывающие время в часах, минутах и секундах, синхронное с временем Ч7-37. Контроль положения секунды «ШВ Полиг» относительно «ШВ GPS» осуществлялся по схеме, изображенной на рис.12.4.

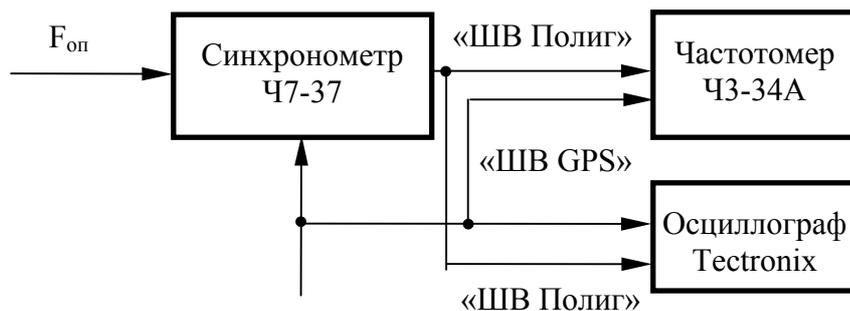


Рис.12.4

При настройке аппаратуры измерения разности ШВ также мешали сильные сетевые наводки, которые сбивали работу измерителя интервалов времени (ИИВ) ЧЗ-34А. После установки ТР восстановился нормальный режим работы ИИВ и синхронизации Ч7-37.

На рис.12.5 приведена осциллограмма положения секундных импульсов «ШВ Полиг» и «ШВ GPS» на $10^h 08^m 31^s 23.01.2004$, где видно, что «ШВ Полиг» отстает от «ШВ GPS» на $\Delta\tau_{\text{Полиг}} = 300$ нс (три клетки). Измерение сделаны по уровню основания импульсов.

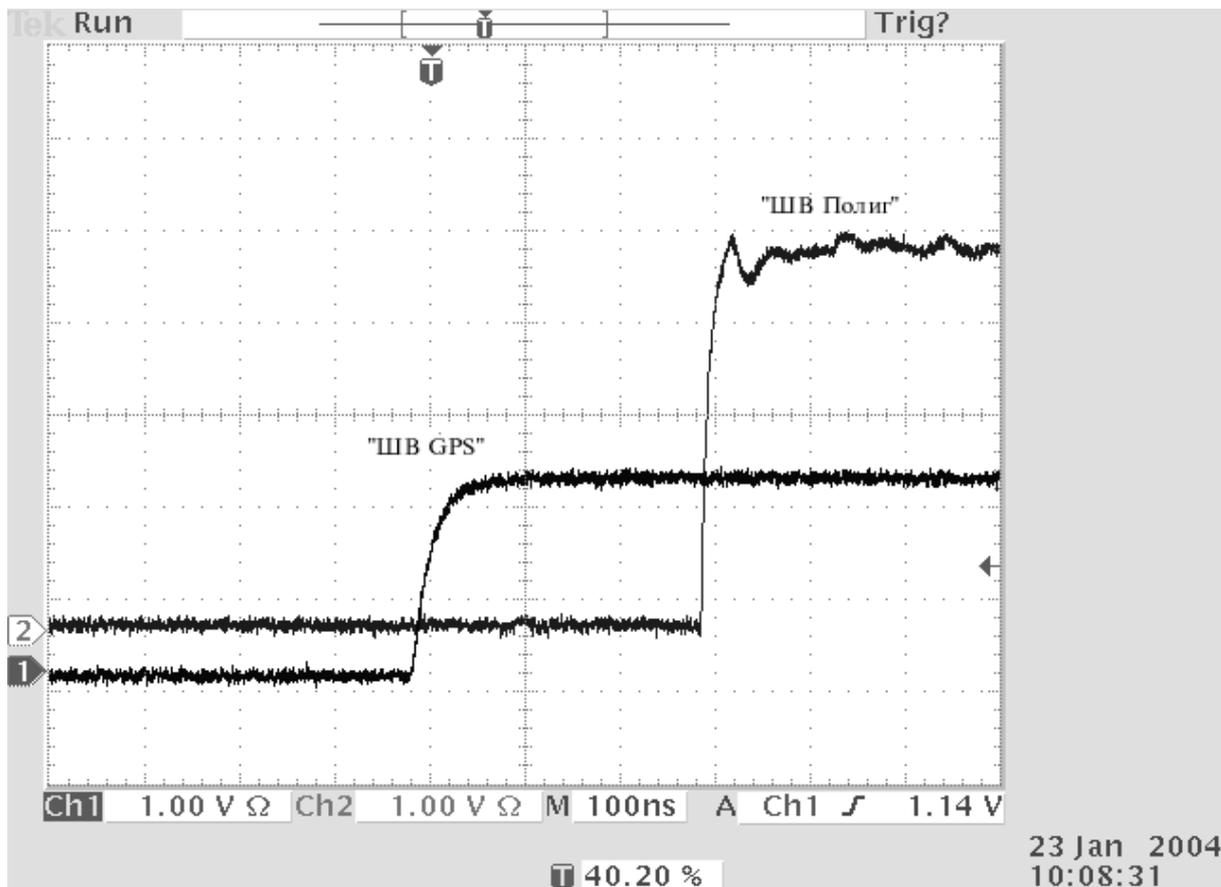


Рис.12.5

5) Временное обеспечение плеча РТ-22

Формирование «ШВ РТ-22» осуществлялось с помощью синхронизатора Ч7-37 на основе опорного сигнала ВСЧ РТ-22.

Синхронизация моментов времени (1 pps ШВ РТ-22) осуществлялась по сигналам, принимаемым приемником GPS Службы Единого Времени (СЕВ) ПРАО, и транслируемым на РТ-22 по длинному кабелю. Задержка распространения сигнала на трассе СЕВ – РТ-22 составила $\Delta\tau_{\text{СЕВ-РТ-22}} = 4,74 \text{ мкс}$.

Установка наименования секунд «ШВ РТ-22» производилось «на слух» по сигналам времени радиовещательных станций («6-й сигнал»).

Контроль положения секунды «ШВ РТ-22» относительно «ШВ GPS» осуществлялся по схеме, изображенной на рис.12.4, только на шину «ШВ Полиг» подавался сигнал «ШВ РТ-22».

На рис.12.6 приведена осциллограмма положения секундных импульсов «ШВ РТ-22» и «ШВ GPS» на $11^{\text{h}}02^{\text{m}}45^{\text{s}}$ 23.01.2004, где видно, что «ШВ РТ-22» отстает от «ШВ GPS» на $\Delta\tau_{\text{РТ-22}} = 820 \text{ нс}$. Измерение сделано по уровню основания импульсов.

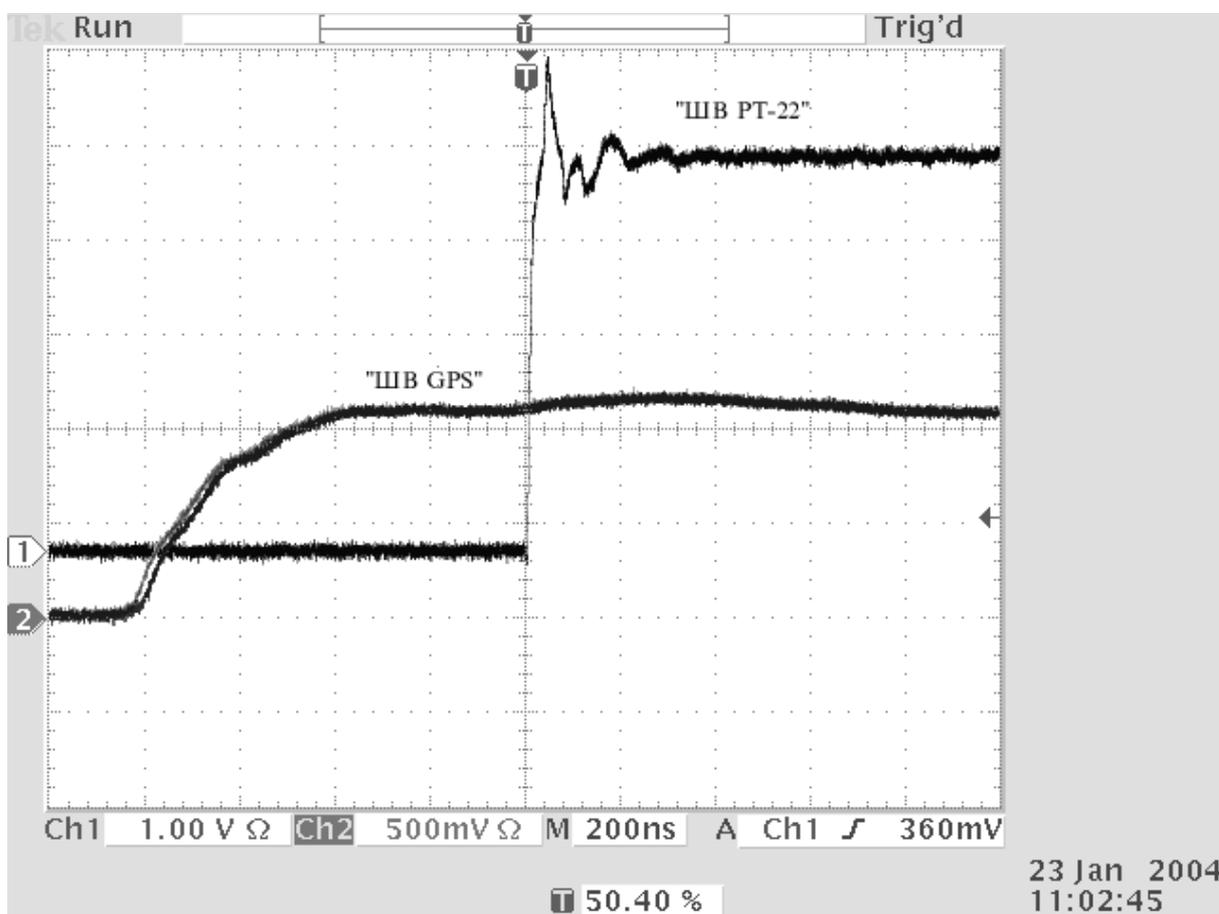


Рис.12.6

б) Временные соотношения в плечах интерферометра

Временное положение секундных импульсов «ШВ Полиг» и «ШВ РТ-22» на 11^h02^m 23.01.2004 представлено на рис.12.7.

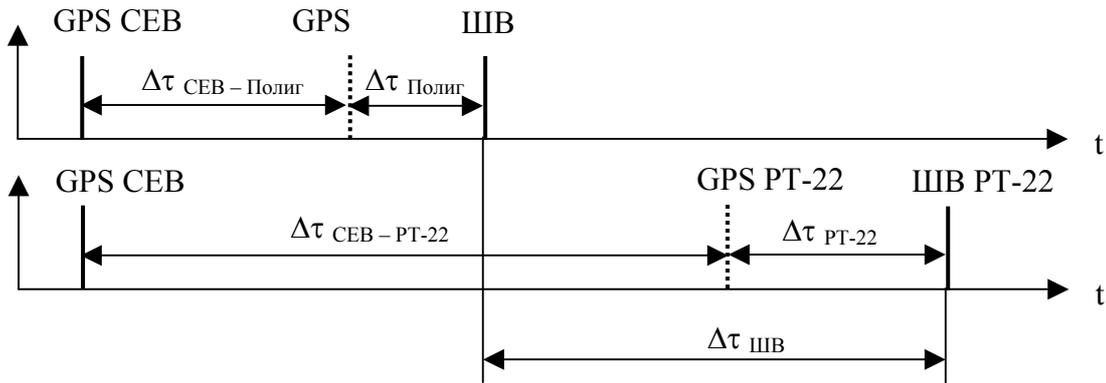


Рис.12.7

Секундный импульс «ШВ РТ-22» отстает от секундного импульса «ШВ Полиг» на $\Delta\tau_{\text{ШВ}} = \Delta\tau_{\text{СЕВ-РТ-22}} + \Delta\tau_{\text{РТ-22}} - \Delta\tau_{\text{СЕВ-Полиг}} - \Delta\tau_{\text{Полиг}} = 4,74 + 0,82 - 1,54 - 0,3 = 3,72$ мкс. Временное положение потока данных относительно секундных импульсов «ШВ Полиг» и «ШВ РТ-22» на 11^h02^m 23.01.2004 представлено на рис.12.8.

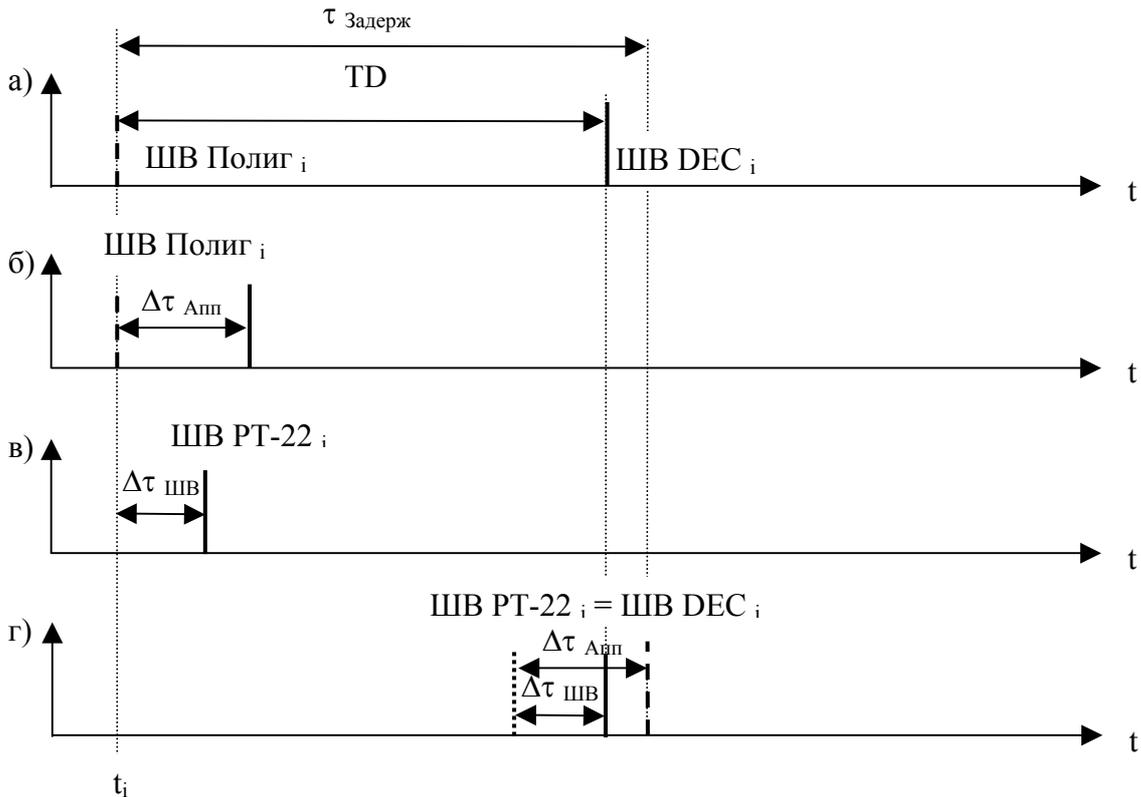


Рис.12.8

Пояснения к рис.12.8:

Пусть в момент t_i произошло некоторое событие, которое зафиксировано независимыми выборками в плече КРТ (а) и в плече РТ-22 (в);

регистрация выборки КРТ происходит с некоторой задержкой $\Delta t_{\text{Апп}}$ (б), а регистрация выборки РТ-22 без задержки (в). Такое предположение справедливо, т.к. нам известна дифференциальная задержка сигналов $\Delta t_{\text{Апп}}$ в аппаратуре КРТ – РТ-22, равная 3,2 мкс для диапазона 6 см, моды Форматора П-4-2 и моды DAS I-4-2;

регистрация данных РТ-22 происходит в масштабе ШВ РТ-22 и i -ый секундный импульс отстает (в рассматриваемом случае) от момента выборки t_i на время $\Delta t_{\text{ШВ}}$.

В Декодере данных в плече КРТ формируется квазибортовая “ШВ DEC” (на основе принятой тактовой частоты бортового потока), которая запаздывает относительно момента t_i на некоторую непрерывно измеряемую величину TD;

регистрация данных КРТ происходит в масштабе ШВ DEC.

Воспроизведение записи данных (в) и создание электронного tci-файла начинается строго с записанного момента “ШВ DEC_i” для данных плеча КРТ и с момента “ШВ РТ-22 _i” – для данных плеча РТ-22.

Таким образом, в электронном файле получается набор данных для двух потоков, сдвинутый по времени (см. рис.12.8г) на:

$$\Delta t_{\text{задерж}} = TD + \Delta t_{\text{Апп}} - \Delta t_{\text{ШВ}},$$

где поток данных КРТ опережает поток данных РТ-22 (в рассматриваемом случае) и задержка при обработке должна вводиться в опережающий поток, т.е. в поток КРТ. В полете из-за задержки данных от КРТ при передаче на СС картина будет обратной.

7) Измеренные параметры РТ-22 в диапазоне 6 см

Измерительное оборудование: компенсационный радиометр, низкотемпературный генератор шума Г2-44 (Т=82К).

Измерения проводились согласно методике определения параметров антенны и аппаратуры по космическим источникам радиоизлучения, описанной в «Программе измерений параметров антенны приемного комплекса на РТ-22 г. Пушино». В качестве калибровочных источников радиоизлучения использовались радиоисточники ЗС405, ЗС461. Усредненные значения измерений:

Канал 1

$$T_{\text{мшу}} = 93 \text{ К}$$

$$T_{\text{сис}} = 153 \text{ К}$$

$$S_{\text{эфф}} = 170 \text{ м}^2.$$

Канал 2

$$T_{\text{мшу}} = 95 \text{ К}$$

$$T_{\text{сис}} = 141 \text{ К}$$

$$S_{\text{эфф}} = 160 \text{ м}^2.$$

Блок-схема РТ-22 показана на рис. 12.9.

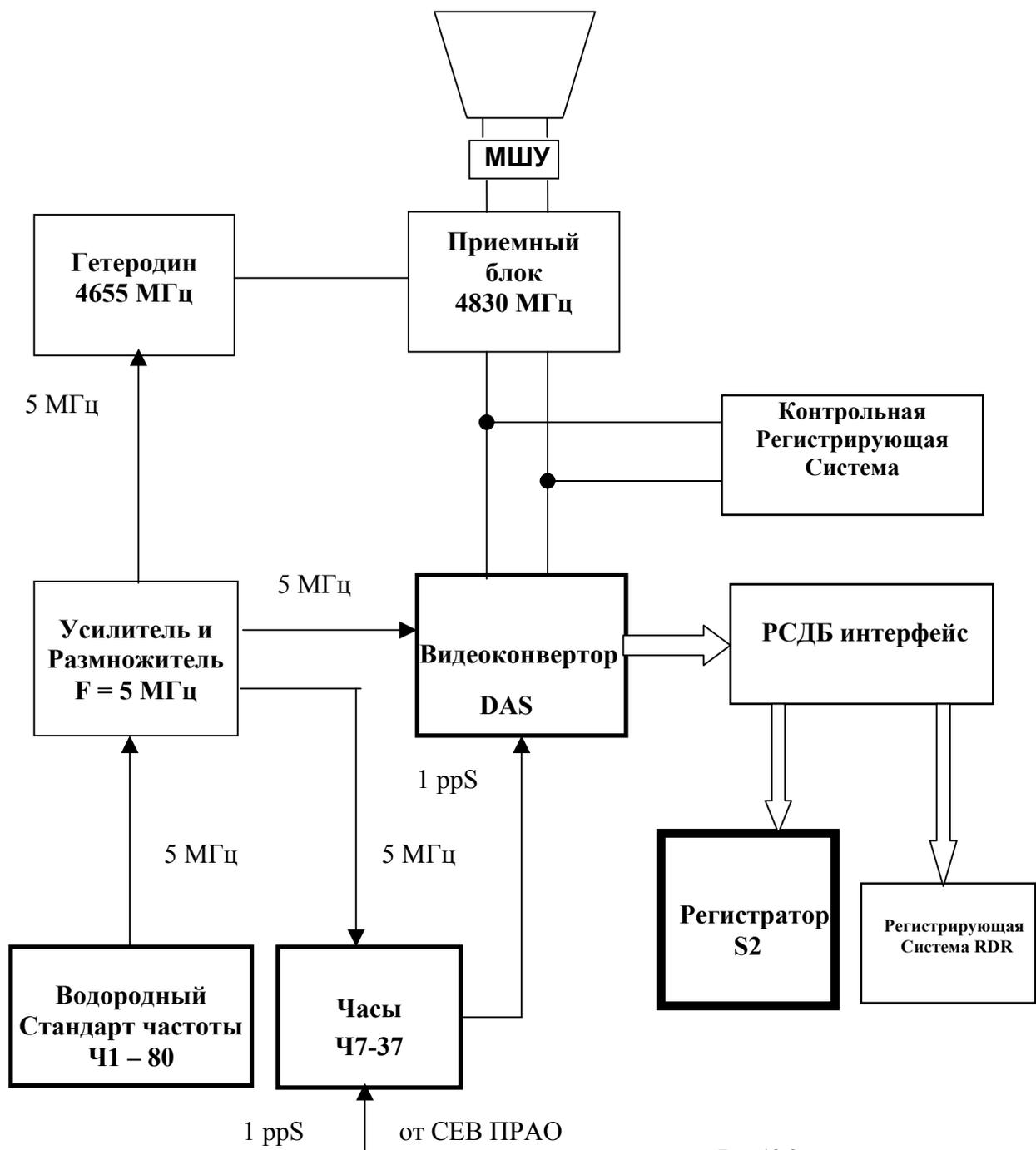


Рис.12.9

8) Измеренные параметры РТ-22 в диапазоне 1,35 см

Измерения проводились согласно методике определения параметров антенны и аппаратуры по космическим источникам радиоизлучения. В качестве калибровки использовался перепад излучения атмосферы на разных углах места (разрез по углу места) $\Delta T = 60$ К.

Усредненные значения измерений шумовой температуры приемной системы в зените равно $210 \div 230^\circ$ К.

Вклад в значения шумовой температуры:

- излучения атмосферы в зените – $20 \div 30^\circ$ К;
- излучения Земли – $35 \div 45^\circ$ К;
- шумы ВЧ усилителя – 135° К;

- за счет потерь в облучателе – 15°K .
 Оценка эффективной площади РТ-22 на волне 1.35 см проводилась по наблюдениям радиисточника 3С144. Усредненное значение $S_{\text{эфф}} = 125 \div 130 \text{ м}^2$.
 Блок-схема РТ-22 показана на рис. 12.10

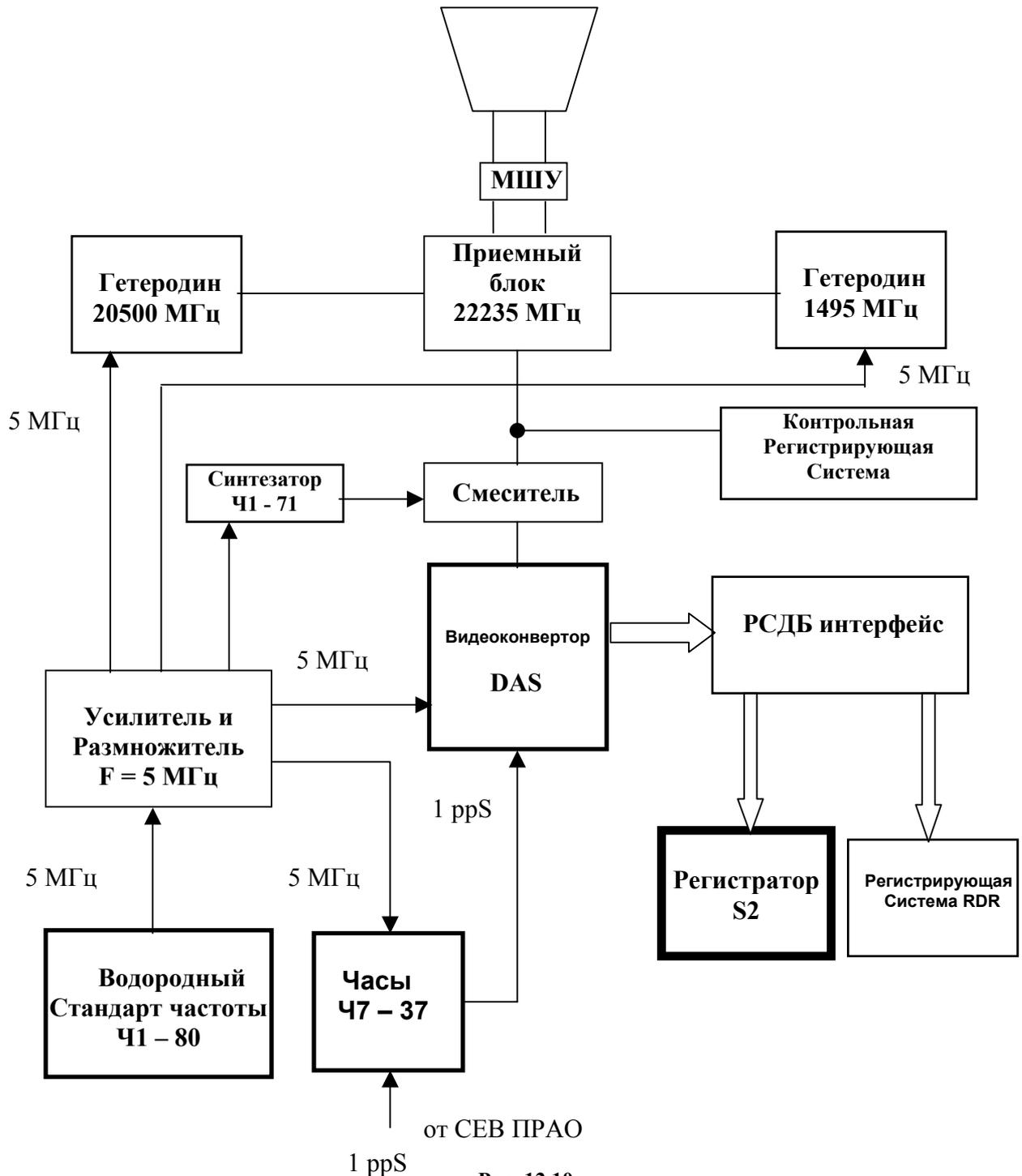


Рис. 12.10

13. Результаты интерферометрического эксперимента

1) Проведение интерферометрических сеансов наблюдений радиоисточников.

Было проведено 8 сеансов наблюдений, четыре - в 6 см диапазоне и четыре – в диапазоне 1,35 см. Основные данные тестов сведены в таблице 13.1:

- в первом столбце указан порядковый номер теста;
- во втором столбце указывается дата проведения теста;
- в третьем столбце указывается радиоисточник, по наблюдениям которого проводился сеанс;
- в четвертом столбце указывается частотный диапазон проводимого теста и используемые каналы радиометров;
- в пятом столбце таблицы указаны названия электронных файлов, в которых имеются первичные данные (расширение dat) хронограммы проведения тестов и графическое отображение этих хронограмм (расширение orj);
- в шестом столбце приведены комментарии по использованию канала передачи научных данных и по использованию опорных сигналов в плечах интерферометра

Первый сеанс (15.01.04) наблюдений проводился в диапазоне 6 см с использованием рубидиевой опорной частоты в плече КРТ и водородной – в плече РТ-22. Этот вариант был вынужденным, т.к. трансляция опорных частот в ПРАО еще не была налажена. Второй сеанс (16.01.04) был повторением предыдущего, только с заменой рубидиевой основы на водородную в плече КРТ.

Остальные сеансы проводились в условиях, когда была налажена трансляция опорных сигналов между плечами интерферометра и устранены сетевые наводки на опорные сигналы интерферометра.

Таблица 13.1 Таблица интерферометрических тестов, проведенных в рамках РАП на Полигоне в ПРАО

№	Дата	Назначение теста	Диапазон	Файл	Опорные сигналы	Результаты интерферометрии
1	2	3	4	5	6	7
5 сессия 12.01.04 - 16.01.04						
1	15.01.04	Интерферометрия: Лебедь А	6 см/1,2	150104CG.dat 150104CG.opj	ВИРК (Когерент) РОС: Rb1 _{КРТ} & Н _{РТ-22}	
2	16.01.04	Интерферометрия: Лебедь А		160104CG.dat 160104CG.opj	с ВИРК и без ВИРК РОС: Н _{Полиг} & Н _{РТ-22}	
6 сессия 19.01.04 – 25.01.04						
3	22.01.04	Интерферометрия: Лебедь А	6 см/1,2	220104CG.dat 220104CG.opj	ВИРК (Самоход) ООС: Н _{РТ-22} & Н _{РТ-22}	Получена ККФ
4	23.01.04	Интерферометрия: Лебедь А		230104CG.dat 230104CG.opj	Без ВИРК РОС: Н _{Полиг} & Н _{РТ-22}	Получена ККФ
5	25.01.04	Интерферометрия: ЗС345	1,35 см/1,2	25013С345.dat 25013С345.opj	ВИРК РОС: Н _{Полиг} & Н _{РТ-22}	
6		Интерферометрия: W49N		2501W49N.dat 2501W49N.opj		Получена слабая ККФ
7		Интерферометрия: Лебедь А		2501LEB.dat 2501LEB.opj		
8		Интерферометрия: ЗС380		25013С380.dat 25013С380.opj		

2) Методика обработки интерферометрических тестов

Методика кросс-корреляционной обработки данных содержит следующие этапы:

- при помощи программы астрономических расчетов "ЭРА" определяются величины коэффициентов полинома;
- в коррелятор вводятся значения полиномов, имена входных и выходных файлов, время обработки, частота приема, значения времени постоянной задержки, номера обрабатываемых каналов;
- в случае необходимости, после пробной корреляции, корректируется значение задержки и сдвига частоты;
- коррелятор запускается на счет.

3) Определение искомой геометрической задержки и частоты интерференции.

Величина задержки и скорость её изменения рассчитывается программой управления коррелятором по формуле коэффициентов полинома:

$$\tau = P_0 + P_1 t + P_2 t^2 + P_3 t^3 ; \quad (9)$$

$$N_{\text{бит}} = | \tau_{\text{косм.}} - \tau_{\text{назем}} | / F_{\text{Найквиста}} + \tau_{\text{dif}} / F_{\text{Найквиста}} ; \quad \text{где}$$

- τ - время задержки на данное текущее время,
- t - текущее время, P_0, P_1, P_2, P_3 - коэффициенты полинома 3-й степени;
- τ_{dif} - разница значений счетчиков времени радиотелескопов РТ-22 и «Радиоастрона»,
- $F_{\text{Найквиста}}$ - частота оцифровки,
- $N_{\text{бит}}$ - число отчетов на которое делается сдвиг данных при считывании с массива жестких дисков.

Величина частоты и скорость её изменения рассчитывается программой управления коррелятором по формуле коэффициентов полинома:

$$\varphi = (P_1 + 2P_2 t) * F_{\text{приема}} \quad (10);$$

$F_{\text{приема}}$ - частота приема. $\sin \varphi$ и $\cos \varphi$ рассчитывается аппаратно.

Результаты обработки имеют 32-х битный формат.

Умножение данных в кросскорреляционном процессоре соответствует следующей таблице:

X	Y	X * Y
-1	+1	0
+1	-1	0
0	0	1
1	1	2
-1	-1	2

Подобная операция связана с тем, что в корреляционной микросхеме не реализованы отрицательные числа. В связи с этим над результатом, полученным в блоке кросскорреляционного процессора, проводятся следующие действия:

$$R = (M - N/2)/N/2 \quad (11), \quad \text{где}$$

M – выход с кросскорреляционной микросхемы (сумма перемножений),

N – число отсчетов, поступивших на перемножение,

R - результат кросскорреляции с отрицательными значениями. При этом в случае автокорреляции значение функции в нуле задержки равно единице.

4) Пакет программного обеспечения.

Функционально кросскоррелятор разделяется на программную и аппаратную части. Программная часть выполняет предварительную обработку блока радиоастрономических данных, принимает и отображает результаты. Аппаратная часть ответственна за процесс ввода радиоастрономических данных и за корреляцию данных.

Программное обеспечение кросскоррелятора написано на языке LabView фирмы National Instrument под операционную систему Windows2000. Программное обеспечение осуществляет:

- расчет по коэффициентам полинома значений задержек и частотного сдвига;
- считывание в соответствии с величиной временного сдвига радиоастрономических данных с массива жестких дисков;
- управление блоком ввода радиоастрономических данных;
- управление блоком кросскорреляционного процессора;
- вывод данных. В настоящий момент результаты выводятся в графическом виде и виде ASCII файлов.

Программная панель кросскоррелятора представлена на рисунке 13.1, где цифрами обозначены следующие элементы управления (интерфейса):

1. Окно ввода значений коэффициентов полинома для наземного радиотелескопа;
2. Окно ввода значения времени постоянной задержки для наземного радиотелескопа;
3. Окно ввода значений коэффициентов полинома для радиотелескопа «Радиоастрон»;
4. Окно ввода значения времени постоянной задержки для радиотелескопа «Радиоастрон»;
5. Окно ввода имени файла данных для наземного радиотелескопа;
6. Окно ввода имени файла данных для радиотелескопа «Радиоастрон»;

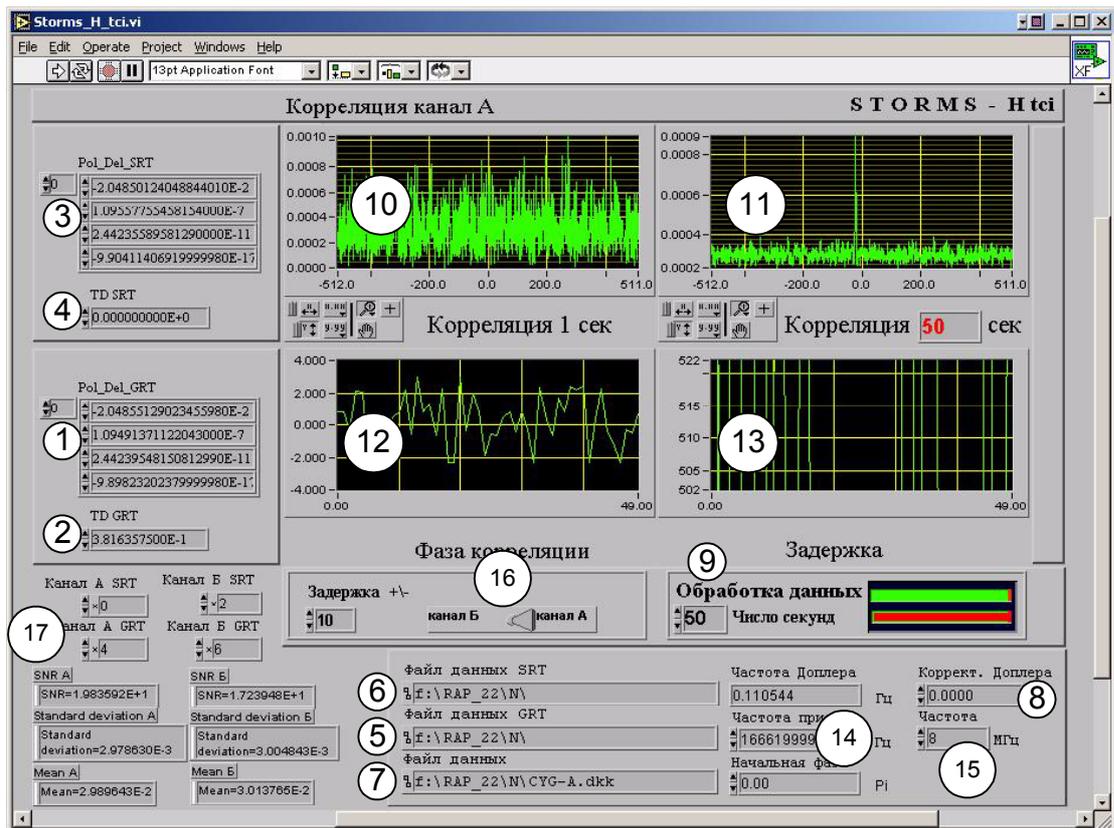


Рис.13.1

7. Окно ввода имени файла выходных результатов;
8. Окно коррекции частоты Доплера;
9. Установка интервала анализа (время интегрирования);
10. Окно вывода результатов кросскорреляции за время интегрирования в 1-у секунду (промежуточный результат);
11. Окно вывода результатов кросскорреляции за полный интервал анализа;
12. Окно вывода значения фазы кросскорреляции в 0-й задержке;
13. Окно вывода значения задержки в максимуме кросскорреляции;
14. Окно вывода значения частоты приема;
15. Окно вывода значения частоты дискретизации (Найквиста);
16. Выбор индикации каналов;
17. Селектор каналов (номер бита в byte входного сигнала)

5) Результаты корреляции данных, полученных от радиисточников

Результаты кросс-корреляции данных р/источника Лебедь А на базе РТ-22 – КРТ в диапазоне 6 см 22.01.2004 12:45:00 UTC построены на рис. 13.2.

Использован общий опорный сигнал от РТ-22 на водородной основе.

ВБП+НБП по 4 МГц, накопление 300 сек, 200 lag .

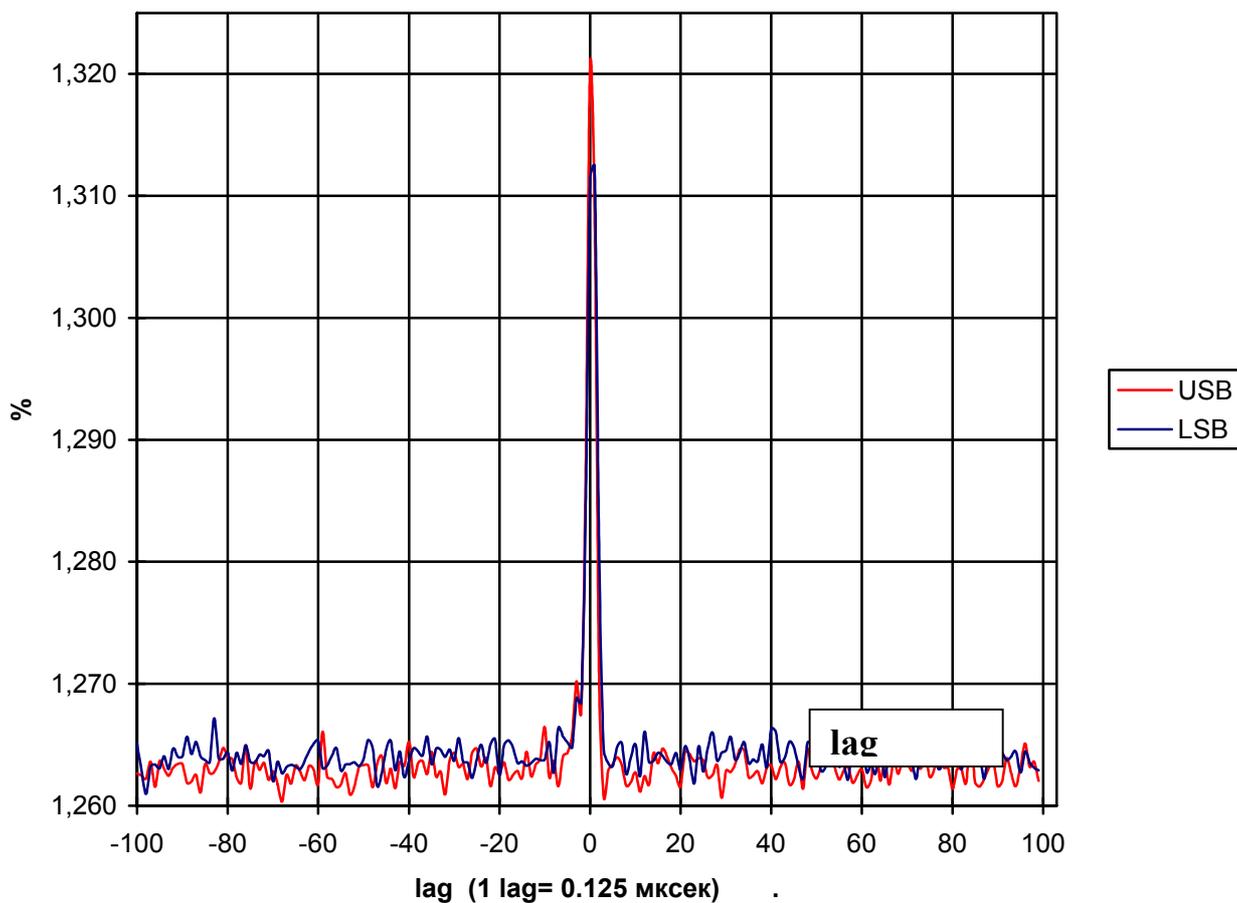


Рис. 13.2

$$A - \mu_x / \sigma_x = 54,7; \quad \mu_x = 1,277; \quad \sigma_x = 9,79^1 \cdot 10^{-4}$$

Результаты кросс-корреляции р/источника Лебедь А на базе РТ-22 – КРТ-10 в диапазоне 6 см 23.01.2004 10:10:00 UTC показаны на рис.13.3. Применены отдельные опорные сигналы на водородной основе. ВБП+НБП по 4 МГц, накопление 300 сек, 200 lag.

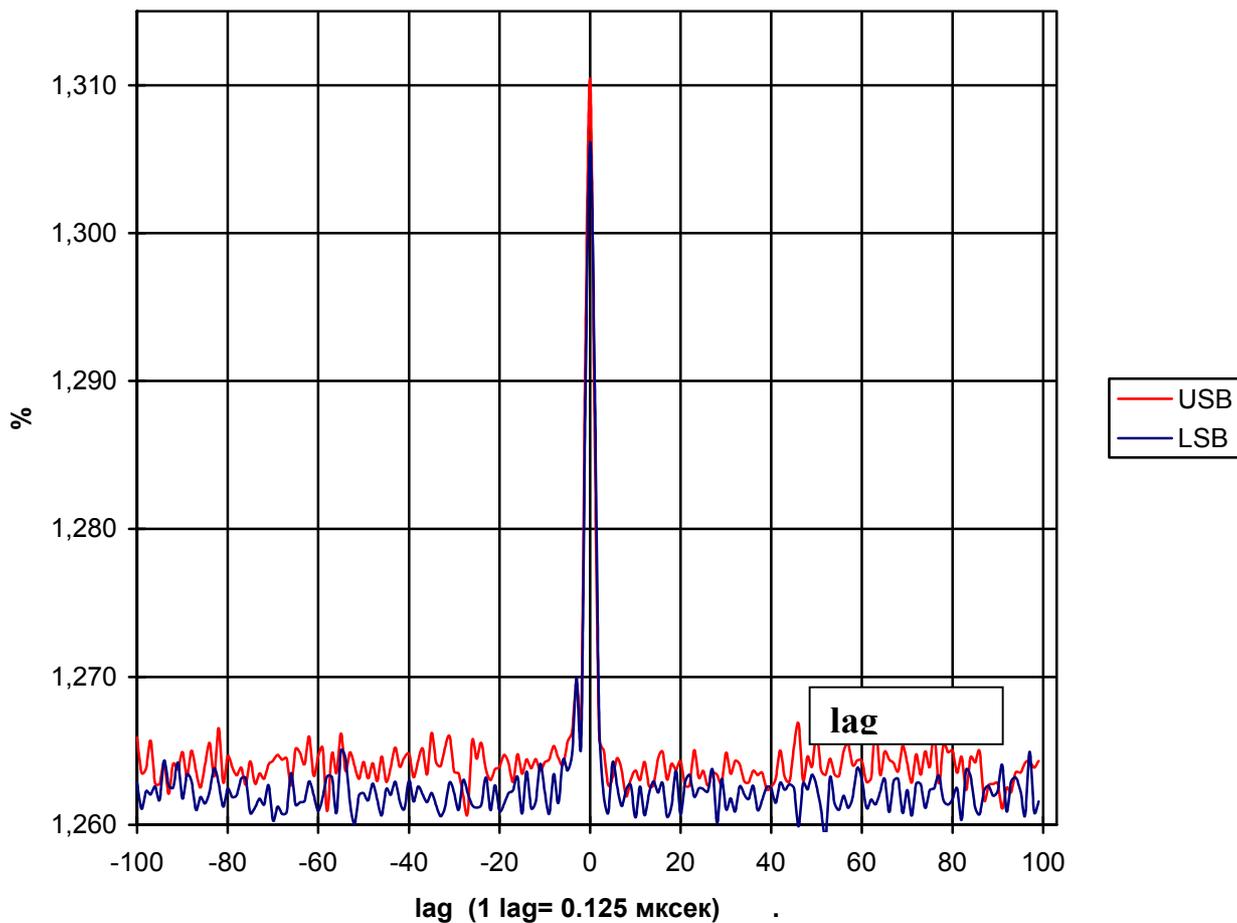


Рис.13.3

$$A - \mu_x / \sigma_x = 45,8; \quad \mu_x = 1,26; \quad \sigma_x = 9,61 \cdot 10^{-4}$$

Результаты кросс-корреляции р/источника W49N на базе РТ-22 – КРТ в диапазоне 1.35 см 25.01.2004 09:10:00 UTC показаны на рис. 13.4.

Применены отдельные опорные сигналы на водородной основе.

ВБП+НБП по 4 МГц, накопление 300 сек, 200 lag. Видно, что в нижней боковой полосе (синий цвет) сигнала нет. Несмотря на сильный сигнал от радиостанции выходное (после корреляции) отношение сигнал/шум ($A - \mu_x / \sigma_x$) оказалось малым (23,8) из-за больших шумов КРТ в обработанной полосе 4 МГц.

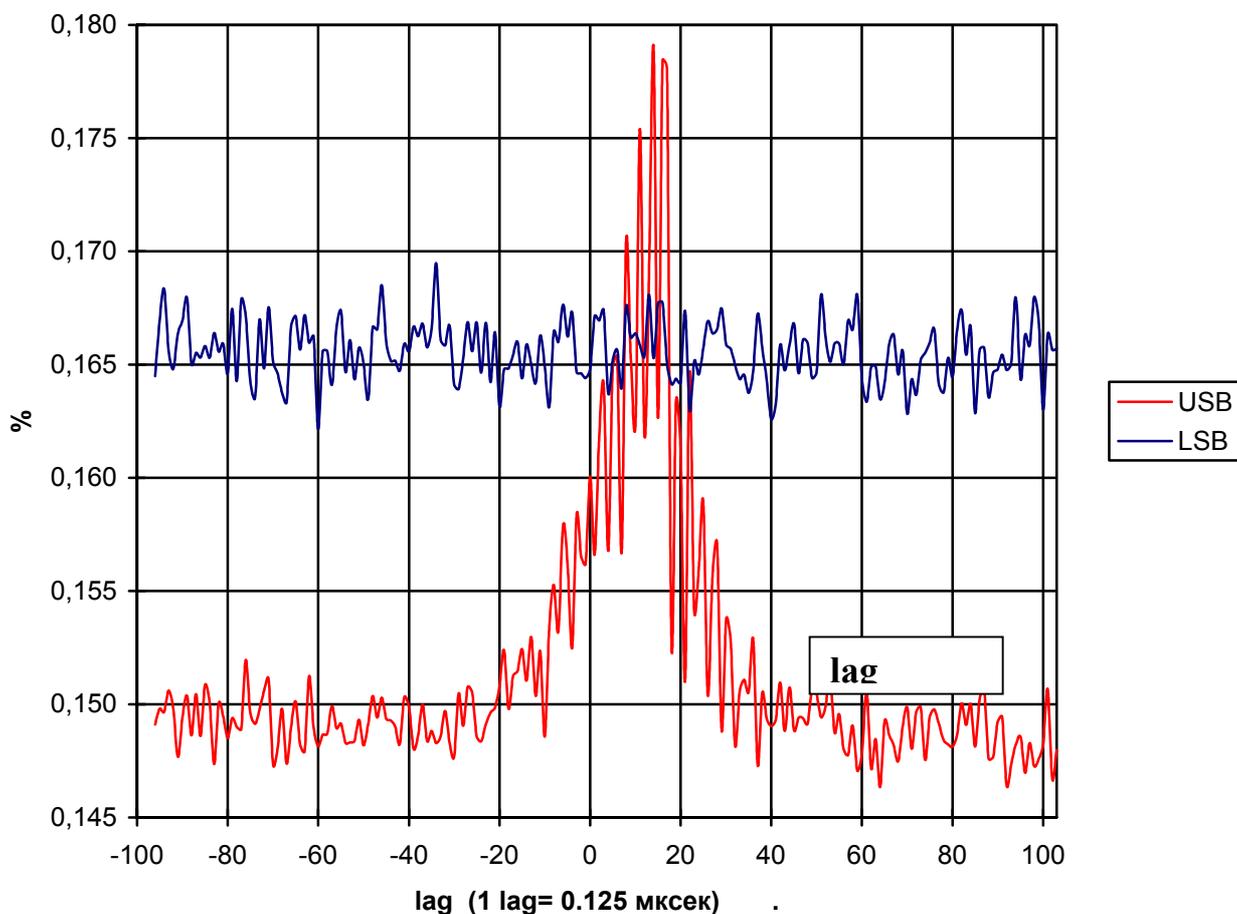


Рис.13.4

$$A - \mu_x / \sigma_x = 23,8; \quad \mu_x = 1,489; \quad \sigma_x = 1,26 \cdot 10^{-3}$$

б) Сравнение полученных отношений С/Ш на выходе коррелятора с расчетными

В процессе прохождения сигнала через тракты обоих плеч интерферометра КРТ-РТ22, включая квантование видеосигналов, величина (С/Ш) снижается по сравнению с (С/Ш)_{ВХ} на входах телескопов. Эти потери до коррелятора можно представить как

$$p_1 p_2 p_3 p_4 (C/Ш)_{ВХ} \quad (12), \quad \text{где}$$

p_1 – коэффициент потерь квантования; при двухуровневом квантовании гауссового шума $p_1 = 0,88$,
 $p_2 \approx 0,95$ - за счет неучтенного различия фазовых сдвигов в плечах ИНБ;
 p_3 – за счет неточного совпадения ширины (полос) спектров (из-за различия характеристик видео фильтров), подаваемых потом на корреляцию; примем $p_3 \approx 0,95$.
 p_4 – за счет других неучтенных аппаратурных или программных потерь (например, за счет введения поправок через фазовращатель коррелятора трехуровневым, а не аналоговым, сигналом), принимаем для лучшего случая $p_4 \approx 0,9$. Приведенные здесь оценки потерь $p = p_1 p_2 p_3 p_4$ имеют оптимистически хорошие (целевые по ТЗ) значения и принимаются одинаковыми для обоих потоков.

Потерями в радиоканале ВИРК пренебрегаем из-за его очень высокого в условиях РАП энергетического потенциала.

Таким образом, С/Ш потоков бинарных данных на входе коррелятора составит около $0,8 \cdot (C/Ш)_{ВХ}$. Эта оценка не учитывает влияния электромагнитных и электрических помех П; в этом случае надо было бы определять $C/(Ш+П)$. При исследовании небесных источников $(C/Ш)_{ВХ}$ обычно очень мало ($10^{-2} \div 10^{-4}$), поэтому сигнал удастся обнаружить только **после накопления в процессе корреляции**.

Теоретически искомое (улучшенное) отношение $(C/Ш)_{ВЫХ}$ на выходе коррелятора за счет когерентного накопления продолжительностью Т секунд составит

$$(C/Ш)_{ВЫХ} \approx (\Delta f T)^{1/2} \times 0,64 (C/Ш)_{ВХ} \quad (13)$$

Для потока источника Лебедь А и параметров КРТ (Таб. 11) и РТ-22 (разделы 12-7,12-8) для диапазона 6 см получаем, что

$$(C/Ш)_{ВХ} = 360 \text{ Ян} \times (S_{\text{крт}} S_{\text{рт22}})^{1/2} / \kappa(T_{\text{крт}} T_{\text{рт22}})^{1/2} = 70 \times 10^{-3} \quad (14)$$

Тогда по расчету должно быть $(C/Ш)_{ВЫХ} = 70 \times 10^{-3} \times 0,64 (4 \times 10^6 \times 300)^{1/2} = 1550$, а из результатов обработки (из графика на рис.13.3) эта величина равна 45,8.

Другой результат получается для источника W49N (150000 Ян, ширина спектра излучения – около 40 кГц); здесь результат обработки (рис. 13.4) дает $(C/Ш)_{ВЫХ} = 23,8$. Учитывая, что шумы занимают полосу 4 МГц, то расчет $(C/Ш)_{ВЫХ}$ для прежнего p дает существенно большую величину:

$$(C/Ш)_{ВХ} = 150 \times 10^3 \text{ Ян} \times 40 \times 10^3 (S_{\text{крт}} S_{\text{рт22}})^{1/2} / \kappa(T_{\text{крт}} T_{\text{рт22}})^{1/2} \times 4 \times 10^6 = 0,2 \quad (15)$$

$$(C/Ш)_{ВЫХ} = 4428;$$

Эти результаты требуют дополнительного исследования процедур корреляционной обработки, где АКЦ не имеет еще достаточного опыта.

14. Выводы по работе КРТ в составе интерферометра

Содержание раздела 12 показывает, что основные трудности подготовки интерферометрического эксперимента были вызваны не системами КРТ, а наземными системами интерферометра. Это – установление синхронизации опорных сигналов, определение временных задержек в трактах полигон-РТ22-СЕВПРАО и сверка времени. Для синхронизации опорных сигналов пришлось разработать развязки от сетевых помех. Для синхронизации шкал времени и сверки времени использовались приемники системы GPS.

В результате обработки данных (раздел 13) получена кросс-корреляция потоков данных от сигнала радиисточника, принятого КРТ и РТ-22, однако выходное отношение $(С/Ш)_{\text{ВЫХ}}$ улучшается по сравнению с входным в значительно меньшей степени, чем должно быть по расчету.

Таким образом, цель проверки КРТ как элемента интерферометра достигнута: интерференция сигналов от источника Лебедь А (6 см диапазон) и от источника W49N (диапазон 1,35 см) получена, как и предусматривалось Программой РАП.

15. Заключение и рекомендации по дальнейшим действиям

15.1 Заключение

Представленный здесь Отчет позволяет сделать следующие заключение и выводы:

1. Программа РАП по подготовке бортовых средств для испытаний **выполнена**. Контроль функционирования систем КРТ осложнялся отсутствием точной шумовой калибровки, ограничением углов наведения на небесные радиисточники, чрезмерными промышленными помехами в диапазоне 92 см в районе г. Пущино, неблагоприятными зимними природными условиями. По причине отсутствия СОТР в составе изделия 1405/1 была применена внешняя теплоизоляция ФК и ПК и обогрев контейнеров инфракрасными нагревателями. Юстировка поверхности рефлектора проведена в положении зенит с допустимой погрешностью. ОПУ Полигона некоторое время не работало в режиме слежения по одному из углов.

2. Программа РАП по определению **интегральных параметров КРТ в радиометрическом режиме выполнена**: определены во всех диапазонах диаграммы направленности антенной системы КРТ, эффективные площади антенны (и КИП), ориентировочные значения шумовых температур КРТ при охлаждении ФУ и без охлаждения. Все параметры КРТ, кроме шумовых температур системы, оказались в пределах ожидаемых для данных условий испытаний (см. главу 11).

Система охлаждения ФУ в наземных условиях (НСОТР) обеспечила требуемые физические температуры ФУ и снижение шумовых температур. Отмечено сильное различие выходов в двух каналах приемника 92 см, но это не лишило возможности определить требуемые параметры.

Промышленные помехи в диапазоне 92 см, не позволявшие чувствовать излучение небесных источников, заставили провести ряд дополнительных исследований приемного тракта (см. главу 10) и помеховой обстановки с помощью независимых средств, а затем повторить измерения.

Шумовая температура КРТ, как системы, зависит от многих параметров (от МШУ, приемников, БАО, СВЧ соединений, степени их согласования, от физической температуры, от геометрии КРТ) и не могла быть интегрально измерена в цеховых условиях НПО Л, поэтому измерения (с последующим расчетом) на Полигоне проводились впервые, и результат оказался более, чем в 2 раза хуже ожидаемого для диапазонов 18 и 6 см. Возможно это неточное знание шумовых калибровок трактов и предположительность температур в режиме «ПУ открыто - ПУ закрыто»; из формул (4) и (5) видно, что небольшое изменение (неточность знания) T_1 , T_2 и V существенно влияет на результат расчета $T_{\text{сист}}$.

3. Оценка влияния излучения передатчика ВИРК на КРТ была проведена на очень слабых уровнях мощности (см. главу 9). Влияние не обнаружено.

4. Программа РАП по подготовке наземных средств для радиометрических измерений (см. главу 5) и **интерферометрического эксперимента** была **выполнена** после дополнительных проверок, доработок и измерений (см. главу 12). Согласно ПМ РАП наблюдения проводились в диапазоне 6 см и в диапазоне 1,35 см, т.е. в условиях наиболее трудных фазовых требований.

5. **Корреляционная обработка** данных интерферометра КРТ-РТ22 подтвердила факт получения кросс-корреляционной функции в диапазоне 6 см, т.е. подтвердила работоспособность обоих радиотелескопов в конфигурации интерферометра. Однако,

полученный при обработке количественный результат кросс-корреляции - $(С/Ш)_{\text{вых}}$ оказался существенно ниже ожидаемого.

15.2 Рекомендации к дальнейшим действиям

Условия, процедуры и результаты РАП КРТ в Пущино, особенно ряд выявленных отличий параметров от ожидавшихся значений, позволяют сформулировать следующие рекомендации для подготовки и проверок **летного комплекта КРТ**.

1. РАП должен проводиться в климатически благоприятное время года (май-сентябрь) с комплектацией изделия КРТ, позволяющей осуществлять штатный температурный режим контейнеров.
2. Юстировка и измерение формы рефлектора должны производиться в положениях в зенит и под углом 45^0 от зенита, без приложения усилий, воздействующих на форму лепестков. Число измерительных точек должно увеличиваться к краям рефлектора.
3. Предусмотренная конструкция регулировки положения ФУ (**фокусировка**) должна быть приведена в действие; на изделии 1405/1 она не использовалась из-за технических трудностей регулировки на высоте около 16 м, поэтому полученные параметры КРТ не могут считаться оптимальными, некоторая расфокусированность сказалась, в частности, на значениях ширины главного лепестка антенной системы. В диапазоне 92 см ввести изменение положения фазового центра антенны с целью уменьшения влияния фермы (штанг) рефлектора, выявленного на модели в лаборатории.
4. Полученное повышенное значение $T_{\text{сист}}$ требует выяснения причин до проведения РАП летного КРТ путем тщательного **измерения** в лабораторных условиях параметров всех составляющих, влияющих на $T_{\text{сист}}$, а не только требуемого при РАП интегрального значения. Прежде всего необходимо провести точное измерение **уровней и стабильности** шумовой калибровки в каждом приемнике, а также измерить потери в БАО и фидерных (волноводных) трактах (вместе с соединителями-разъемами). Рекомендуется разработать возможность определить суммарную шумовую температуру (БАО + МШУ+приемник) в безэховой камере или по небу с известной (по независимым измерениям) температурой неба. Потери отражающего покрытия рефлектора должны быть измерены во всех диапазонах, а не только в диапазоне 1,35 см, где самый тонкий скин-слой.
5. Рекомендуется оценить возможность и целесообразность (потери) установки **развязки** (вентиль) между МШУ и БАО.
6. БАО с изделия 1405/1 **временно должен быть снят** (при тщательном внешнем осмотре при демонтаже с фокального модуля), и вновь проверены все сдаточные его параметры с целью обнаружения их возможных изменений в процессе РАП, в том числе и по причине ненормальных эксплуатационных условий на полигоне (влаги, перепады температур, переход через точку росы). Во время РАП в диапазоне 92 см было уже обнаружено изменение КСВ (см. главу 10). В случае изменений и с учетом результатов виброиспытаний (они еще не проводились) необходимо провести коррекцию конструкторской документации. Эти работы требуется провести **в срочном порядке** для своевременного изготовления, настройки и испытаний летного БАО.

7. Учитывая сложность охлаждения ФУ в наземных условиях (НСОТР) и учитывая относительную величину уменьшения $T_{\text{сист}}$, при охлаждении, определенную в процессе РАП изделия 1405/1, рекомендуется **отказаться от НСОТР для летного КРТ**.

Для защиты БАО от влаги во время РАП обернуть его радиопрозрачной пленкой.

8. Внедрить централизованную цифровую систему установки и отображения времени, опробованную в лаборатории АКЦ.

9. Ввести в состав КИА цифровой регистратор радиометрических выходов КРТ с широким динамическим диапазоном (вместо КСП-4).

10. Подготовить (или купить) аппаратуру (на основе метода фазовой калибровки) для оценки потерь когерентности в сквозном тракте КРТ и ЗРТ за счет гетеродинов и других причин.

11. В настоящее время интерферометрические данные РАП обрабатываются в центре корреляционной обработки АКЦ ФИАН. В результате экспресс-обработки выявлены некоторые проблемы с входным потоком данных, получаемых с КРТ (наличие постоянной составляющей в сигнале). Результаты обработки (корреляционный, спектральный и интерференционный анализ данных наблюдений источника Лебедь-А на длине волны 6 см и источника ЗС345 на длине волны 1,35 см) показывают достаточно высокие значения отношения сигнал/шум (от 30 до 110) на выходе системы корреляционной обработки, что позволяет сделать предварительные выводы о работоспособности радиоинтерферометра РТ-22 – КРТ «Радиоастрон».

Рекомендуется издать результаты корреляционной обработки РАП в виде отдельного отчета.

12. Оборудование Полигона ПРАО, РТ-22, СЕВ и сигнальные коммуникации между ними должны быть освобождены от сетевых наводок, объединены контура заземления, прокалиброваны задержки в линиях. ОПУ должен пройти профилактику для обеспечения надежной работы в режиме слежения.

13. Организация подготовки и проведения РАП летного КРТ должна быть упорядочена в части более четкого руководства и, главное, исполнения общей и частных программ. В случае полноценной и заблаговременной подготовки общий цикл РАП может занять всего 1,5 месяца при благоприятной погоде.

16. ПРИЛОЖЕНИЕ

Приложение №1

Отклонение по нормали точек рефлектора от поверхности оптимального параболоида.
Каталог координат точек в системе координат параболоида.

Фокусное расстояние $F=4220$ мм

Название точки W: первое – номер лепестка
второе – номер марки.

В названии точки Z : номер марки центрального зеркала.

Название точки	Отклонение по нормали, мм	Координаты		
		x, мм	y, мм	z, мм
W01-1	-0,62	1588,541	0,001	150,128
W01-10	-0,49	1570,023	-253,250	150,473
W01-12	-1,06	2674,150	36,678	424,234
W01-3	-0,63	2637,908	-455,892	425,656
W01-41	0,20	4933,077	134,758	1442,509
W01-43	-0,02	4900,505	-384,000	1431,449
W01-45	-0,05	4855,057	-896,653	1444,103
W02-1	-0,40	1548,896	-365,267	150,433
W02-10	-0,57	1470,379	-607,506	150,271
W02-12	-0,66	2612,929	-578,849	424,911
W02-3	-0,32	2460,130	-1050,508	424,617
W02-41	-0,03	4831,424	-1003,896	1442,595
W02-43	-0,26	4680,266	-1501,211	1431,495
W02-45	-0,02	4517,813	-1990,268	1443,852
W03-1	-0,55	1421,925	-712,878	150,448
W03-10	-0,29	1289,893	-931,853	150,080
W03-12	-0,12	2407,933	-1166,431	424,395
W03-3	-0,07	2149,194	-1590,722	423,670
W03-41	0,05	4466,409	-2102,036	1443,506
W03-43	0,01	4204,390	-2546,695	1431,415
W03-45	0,24	3934,202	-2984,126	1444,215
W04-1	-0,23	1219,272	-1024,480	150,483
W04-10	-0,21	1040,123	-1208,278	150,419
W04-12	0,59	2075,267	-1691,447	424,851
W04-3	0,16	1725,388	-2048,137	424,254
W04-41	-0,11	3861,950	-3076,453	1444,393
W04-43	0,17	3506,083	-3448,759	1432,657
W04-45	0,62	3141,076	-3809,335	1443,437
W05-1	0,29	952,310	-1272,770	149,395
W05-10	-0,29	734,611	-1410,740	149,131
W05-12	0,16	1631,567	-2123,107	425,046
W05-3	0,73	1209,197	-2389,320	424,655
W05-41	-0,65	3051,820	-3877,516	1443,208
W05-43	-0,14	2618,088	-4159,012	1430,949
W05-45	0,97	2178,824	-4431,173	1443,345
W06-1	0,60	632,750	-1461,485	149,644
W06-10	0,21	390,188	-1542,721	149,122
W06-12	0,66	1096,278	-2439,367	423,500
W06-3	0,88	629,097	-2604,532	424,627
W06-41	-0,30	2077,114	-4478,305	1444,049
W06-43	0,08	1591,889	-4652,214	1432,205

W06-45	0,63
W07-1	0,39
W07-10	0,51
W07-12	0,28
W07-3	0,55
W07-41	-0,29
W07-43	0,12
W07-45	0,27
W08-1	-0,69
W08-10	-0,28
W08-12	-0,41
W08-3	-0,55
W08-41	-0,68
W08-43	-0,25
W08-45	0,49
W09-1	0,08
W09-10	-0,02
W09-12	-0,13
W09-3	0,27
W09-41	0,07
W09-43	-0,17
W09-45	0,05
W10-1	0,16
W10-10	-0,20
W10-12	-0,34
W10-3	-0,12
W10-41	0,15
W10-43	-0,02
W10-45	0,06
W11-1	-0,19
W11-10	0,57
W11-12	-0,34
W11-3	-0,42
W11-41	0,97
W11-43	0,02
W11-45	-0,70
W12-1	-0,23
W12-10	0,08
W12-12	-0,11
W12-3	-0,30
W12-41	-0,23
W12-43	0,14
W12-45	0,20
W13-1	0,09
W13-10	-0,21
W13-12	0,14
W13-3	0,10
W13-41	-0,24
W13-43	0,39
W13-45	0,60
W14-1	0,36
W14-10	0,43
W14-12	-0,16
W14-3	0,17
W14-41	0,32
W14-43	-0,08
W14-45	0,04
W15-1	-0,46
W15-10	-0,31

W06-45	1103,434	-4814,803	1444,760
W07-1	280,625	-1567,780	149,877
W07-3	26,182	-1591,793	149,585
W07-10	504,468	-2629,567	424,180
W07-12	11,113	-2682,812	426,108
W07-41	989,631	-4834,171	1442,790
W07-43	477,875	-4894,819	1432,774
W07-45	-35,175	-4941,695	1446,461
W08-1	-87,990	-1594,044	151,696
W08-3	-342,263	-1560,370	151,737
W08-10	-109,155	-2677,572	425,724
W08-12	-601,834	-2613,174	426,426
W08-41	-139,380	-4935,436	1444,982
W08-43	-653,709	-4875,965	1434,080
W08-45	-1163,164	-4803,030	1446,234
W09-1	-453,108	-1526,943	150,210
W09-3	-695,857	-1432,574	149,991
W09-10	-728,861	-2576,186	424,669
W09-12	-1191,587	-2399,403	425,309
W09-41	-1285,019	-4768,023	1444,548
W09-43	-1768,292	-4586,963	1431,893
W09-45	-2244,732	-4397,099	1443,862
W10-1	-788,774	-1383,770	150,137
W10-3	-999,771	-1239,631	150,369
W10-10	-1298,407	-2339,936	424,454
W10-12	-1709,749	-2062,976	425,661
W10-41	-2348,886	-4340,222	1442,648
W10-43	-2778,987	-4056,437	1432,341
W10-45	-3200,919	-3763,328	1445,935
W11-1	-1088,339	-1163,311	150,535
W11-3	-1260,528	-973,752	150,731
W11-10	-1808,492	-1977,889	424,920
W11-12	-2140,725	-1606,939	424,818
W11-41	-3291,981	-3676,877	1441,802
W11-43	-3643,855	-3299,302	1431,443
W11-45	-3987,230	-2915,014	1446,025
W12-1	-1326,298	-880,922	150,419
W12-3	-1450,195	-660,448	150,735
W12-10	-2210,272	-1504,526	423,432
W12-12	-2453,461	-1073,124	424,940
W12-41	-4049,342	-2821,489	1443,268
W12-43	-4304,328	-2373,311	1431,110
W12-45	^549,079	-1919,321	1443,963
W13-1	-1492,579	-551,512	149,902
W13-3	-1562,361	-304,940	150,018
W13-10	-2499,234	-958,545	424,684
W13-12	-2634,278	-479,258	424,562
W13-41	-4587,040	-1817,400	1442,450
W13-43	-4734,585	-1320,606	1430,850
W13-45	-4866,306	-822,108	1442,240
W14-1	-1574,326	-190,570	148,616
W14-3	-1584,789	64,640	148,863
W14-10	-2647,529	-356,778	422,336
W14-12	-2671,030	141,805	424,008
W14-41	-4882,081	-704,599	1441,046
W14-43	-4905,526	-192,812	1427,895
W14-45	-4917,421	322,795	1438,648
W15-1	-1579,058	177,474	150,049
W15-3	-1529,519	427,400	149,815

W15-12	-0,50
W15-3	-0,40
W15-41	0,14
W15-43	-0,29
W15-45	-0,57
W16-1	-0,28
W16-10	-0,50
W16-12	-0,69
W16-3	-0,04
W16-41	-0,19
W16-43	-0,30
W16-45	-0,13
W17-1	-0,28
W17-10	-0,28
W17-12	-0,53
W17-3	-0,28
W17-41	0,05
W17-43	-0,05
W17-45	-0,18
W18-1	-0,24
W18-10	0,01
W18-12	0,18
W18-3	-0,10
W18-41	0,22
W18-43	-0,09
W18-45	-0,20
W19-1	-0,13
W19-10	-0,66
W19-12	0,00
W19-3	0,10
W19-41	-0,20
W19-43	-0,04
W19-45	0,73
W20-1	-0,19
W20-10	0,05
W20-12	0,32
W20-3	-0,02
W20-41	0,00
W20-43	0,52
W20-45	0,63
W21-1	0,06
W21-10	-0,06
W21-12	-0,14
W21-3	0,50
W21-41	0,27
W21-43	0,20
W21-45	0,42
W22-1	^1, 0 1
W22-10	0,05
W22-12	0,77
W22-3	v'1,31
W22-41	-0,44
W22-43	0,02
W22-45	0,80
W23-1	0,68
W23-10	0,06
W23-12	0,30
W23-3	0,75
W23-41	-0,25

W15-10	-2657,908	266,526	423,047
W15-12	-2564,624	754,734	423,915
W15-41	-4913,148	437,520	1441,221
W15-43	-4820,786	944,703	1429,984
W15-45	-4714,654	1448,493	1441,777
W16-1	-1496,379	536,948	150,017
W16-3	-1390,827	769,684	149,736
W16-10	-2527,292	874,344	424,203
W16-12	-2321,483	1328,077	424,479
W16-41	-4677,036	1567,912	1441,747
W16-43	-4469,524	2038,749	1430,041
W16-45	-4250,746	2502,179	1441,483
W17-1	-1330,343	869,943	149,968
W17-3	-1173,114	1069,285	149,543
W17-10	-2256,392	1431,583	423,323
W17-12	-1955,124	1827,097	424,769
W17-41	-4195,622	2597,616	1442,531
W17-43	-3884,623	3007,331	1429,821
W17-45	-3563,641	3410,914	1441,790
W18-1	-1095,822	1152,105	150,017
W18-3	-897,730	1310,638	149,606
W18-10	-1861,797	1915,078	422,606
W18-12	-1478,351	2232,691	424,604
W18-41	-3475,628	3503,170	1442,407
W18-43	-3078,048	3830,974	1430,831
W18-45	-2674,111	4149,845	1444,070
W19-1	-798,935	1373,791	149,750
W19-3	-569,820	1484,730	149,730
W19-10	-1373,770	2293,392	424,091
W19-12	-925,772	2508,840	423,655
W19-41	-2579,920	4197,911	1438,530
W19-43	-2120,263	4430,911	1429,455
W19-45	-1654,052	4649,954	1442,157
W20-1	-459,633	1517,929	149,210
W20-3	-209,452	1573,153	149,230
W20-10	-808,738	2548,252	423,391
W20-12	-321,903	2654,301	423,178
W20-41	-1544,991	4684,322	1441,339
W20-43	-1044,796	4800,595	1429,336
W20^5	-536,089	4905,158	1441,691
W21-1	-96,183	1582,570	148,859
W21-3	157,387	1577,783	148,431
W21-10	-196,171	2661,800	422,085
W21-12	298,190	2656,613	423,515
W21-41	-423,306	4910,676	1438,905
W21-43	92,062	4908,899	1427,838
W21-45	606,596	4895,174	1440,899
W22-1	271,915	1561,600	147,821
W22-3	518,926	1498,488	147,645
W22-10	419,262	2636,689	422,218
W22-12	901,150	2516,699	422,522
W22-41	718,649	4878,412	1440,997
W22-43	1221,076	4757,194	1428,996
W22-45	1717,865	4624,642	1440,915
W23-1	624,800	1452,331	147,391
W23-3	831,420	1338,259	146,289
W23-10	1017,658	2463,668	420,864
W23-12	1455,854	2233,709	420,831
W23-41	1821,661	4581,276	1440,251

W23-43	-0,20
W23-45	-0,01
W24-1	0,55
W24-10	-0,18
W24-12	-0,37
W24-3	0,55
W24-41	-0,08
W24-43	-0,27
W24-45	-0,26
W25-1	-0,28
W25-10	-0,49
W25-12	-0,63
W25-3	-0,09
W25-41	-0,35
W25-43	0,16
W25-45	0,71
W26-1	-0,23
W26-10	-0,45
W26-12	-0,61
W26-3	-0,12
W26-41	-0,62
W26-43	-0,34
W26-45	0,03
W27-1	-0,22
W27-10	-0,07
W27-12	-0,65
W27-3	-0,36
W27-41	0,95
W27-43	0,25
W27-45	-0,22
Z1	0,21
Z10	0,11
Z11	0,14
Z12	-0,15
Z13	0,49
Z14	-0,21
Z15	-0,12
Z16	-0,27
Z17	0,34
Z18	-0,28
Z19	-0,29
Z2	-0,21
Z20	-0,29
Z21	0,75
Z22	-0,09
Z23	-0,20
Z24	-0,24
Z25	0,76
Z26	-0,06
Z27	-0,19
Z28	-0,12
Z29	0,72
Z3	-0,17
Z30	0,09
Z31	-0,02
Z32	-0,08
Z33	V1,42
Z34	0,23
Z35	0,02
Z36	-0,08
Z4	, -0,23
Z5	V 1,19
Z6	0,20
Z7	0,03

W23-43	2281,593	4346,013	1427,566
W23-45	2735,850	4102,353	1440,424
W24-1	943,510	1270,165	147,753
W24-3	1135,311	1102,476	147,803
W24-10	1560,089	2164,172	421,839
W24-12	1935,717	1840,605	423,070
W24-41	2830,649	4029,029	1436,449
W24-43	3225,687	3696,557	1426,240
W24-45	3610,180	3357,961	1440,424
W25-1	1211,094	1018,468	148,631
W25-3	1360,660	810,161	148,655
W25-10	2020,376	1746,781	423,099
W25-12	2307,403	1342,287	422,809
W25-41	3686,515	3270,492	1439,179
W25-43	3992,114	2857,197	1427,568
W25-45	4290,009	2436,097	1441,044
W26-1	1415,656	714,545	149,204
W26-3	1510,753	476,400	148,778
W26-10	2365,895	1236,340	422,630
W26-12	2556,408	775,488	423,422
W26-41	4343,521	2335,836	1441,613
W26-43	4543,426	1859,951	1428,248
W26-45	4735,769	1381,748	1441,718
W27-1	1543,066	365,682	149,201
W27-3	1583,184	114,450	149,628
W27-10	2590,962	656,395	423,292
W27-12	2667,648	162,461	423,834
W27-41	4768,692	1265,386	1440,938
W27-43	4853,000	757,171	1428,918
W27-45	4925,746	248,045	1441,281
Z1	1208,563	267,610	90,557
Z2	842,214	179,443	44,135
Z3	663,126	137,583	27,345
Z4	519,082	109,656	16,904
Z5	761,422	980,126	90,054
Z6	528,269	677,183	43,494
Z7	413,600	537,054	27,187
Z8	328,032	^411,997	16,520
Z9	-39,862	1231,502	88,943
Z10	-31,967	860,917	43,862
Z11	-25,385	677,784	27,118
Z12	-18,922	528,207	16,700
Z13	-837,351	913,770	90,509
Z14	-580,466	634,371	44,012
Z15	-460,822	l_ 500,863	27,564
Z16	-359,707	387,899	16,852
Z17	-1234,245	163,347	91,483
Z18	-856,717	113,408	44,524
Z19	-676,983	83,099	27,852
Z20	-525,743	58,099	16,864
Z21	-1053,464	-666,649	91,320
Z22	-728,475	-468,101	44,514
Z23	-570,517	-375,168	27,819
Z24	-441,647	-296,812	17,012
Z25	-384,559	-1187,833	91,579
Z26	-257,649	-824,206	44,238
Z27	-203,396	-651,598	27,793
Z28	-156,087	-511,089	17,034
Z29	473,782	-1154,433	91,524
Z30	332,873	-797,820	44,187
Z31	265,039	-627,606	27,519
Z32	211,284	-492,409	17,087
Z33	1134,468	-594,445	95,739
Z34	769,771	-407,070	44,691

Z8	-0,09
Z9	0,99

Z35	607,838	-322,061	28,014
Z36	474,554	-255,703	17,297

Общая СКО=0,413 мм

Координаты центра окружности фокального контейнера

x, мм	y, мм	z, мм
-0,604	1,633	4711,253

Координаты имитатора середины центрального зеркала в системе координат параболоида:

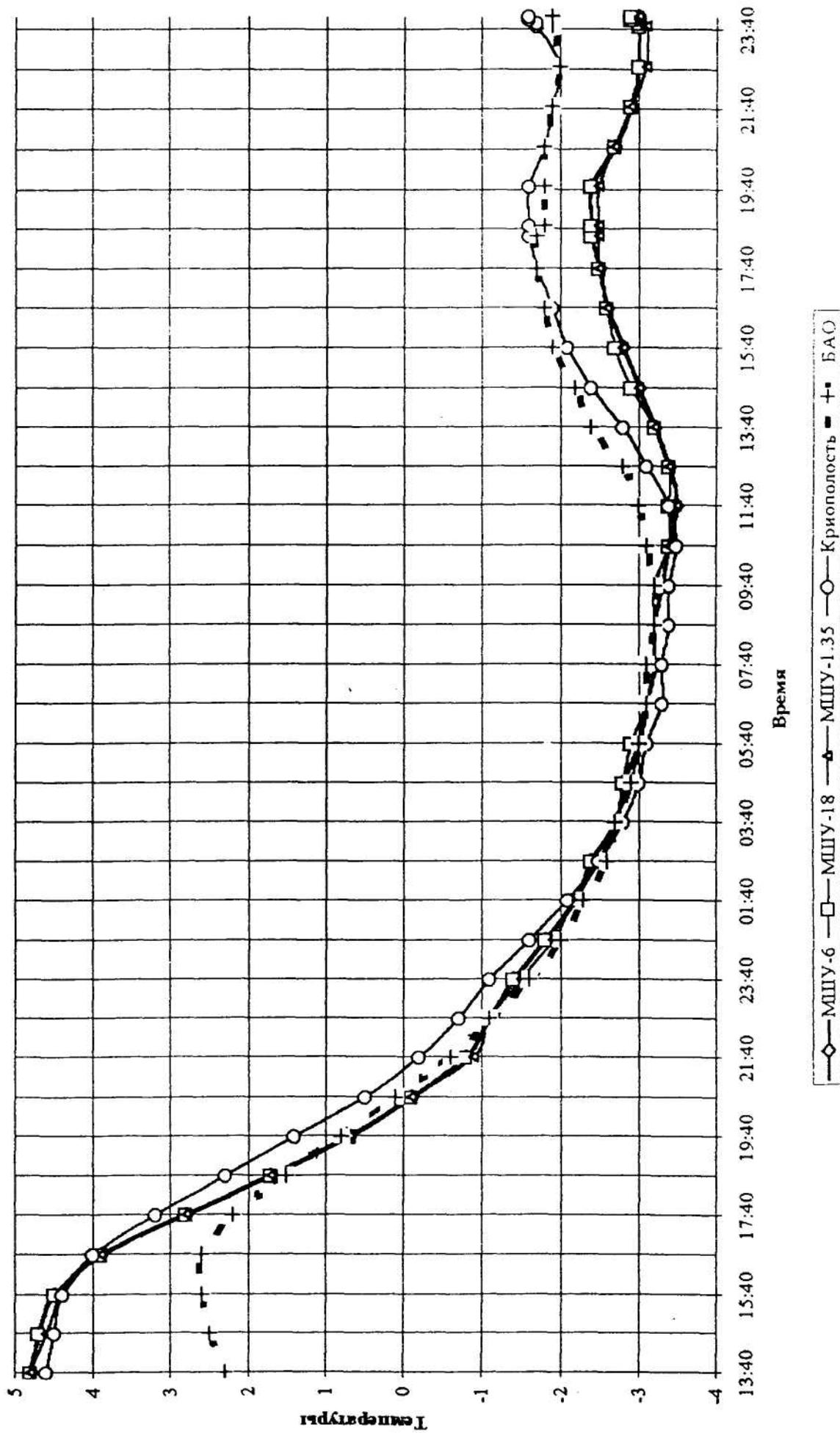
x, мм	y, мм	z, мм
0,187	-2,798	28,325

Работа наземной системы терморегулирования при проведении РАП

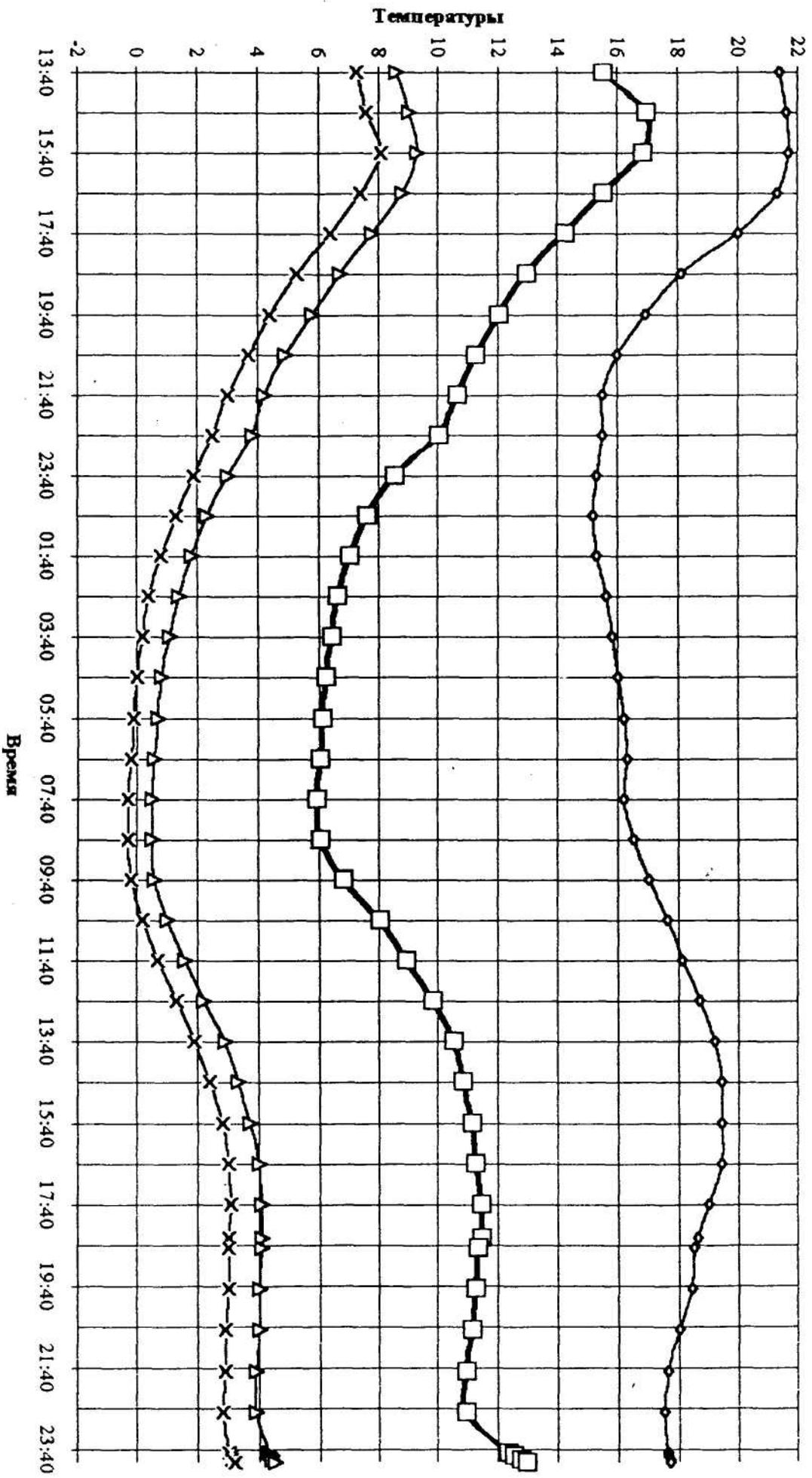
Осушка фокального узла (27.01.04 13:40 - 28.01.04 24:00)

Время	ГазНК	ГазФК	МШУ-6	МШУ-18	МШУ-1.35	Криополость	БАО	Сферическое днище	
13:40	214	15.5	4.3	4.8	4.8	4.6	2.3	8.6	7.3
14:40	21.6	16.9	4.7	4.7	4.6	4.5	2.5	9.0	7.6
15:40	21.7	16.8	4.5	4.5	4.4	4.4	2.6	9.3	8.1
16:40	21.3	15.5	3.9	3.9	3.9	4.0	2.6	8.8	7.4
17:40	20.0	U.2	2.8	2.8	2.8	3.2	2.2	7.8	6.4
18:40	18.1	12.9	1.7	1.7	1.7	2.3	1.5	6.7	5.3
19:40	16.9	12.0	0.7	0.7	0.7	1.4	0.3	5.3	4.4
20:40	16.0	11.2	-0.1	-0.1	-0.1	0.5	0.1	4.9	3.7
21:40	15.5	10.6	-0.8	-0.8	-0.9	-0.2	-0.6	4.2	3.0
22:40	15.5	10.0	-1.1	-1.1	-1.1	-0.7	-1.1	3.8	2.5
23:40	15.3	8.5	-1.4	-1.4	-1.5	-1.1	-1.6	3.0	1.9
00:40	15.2	7.6	-1.8	-1.8	-1.9	-1.6	-2.0	2.3	1.3
01:40	15.3	7.0	-2.2	-2.2	-2.2	-2.1	-2.3	1.8	0.8
02:40	15.6	6.6	-2.4	-2.4	-2.5	-2.5	-2.8	1.4	0.4
03:40	15.8	6.4	-2.7	-2.7	-2.7	-2.8	-2.7	1.1	0.2
04:40	16.0	6.2	-2.8	-2.8	-2.9	-3.0	-2.9	0.8	0.0
05:40	16.2	6.1	-3.0	-2.9	-3.0	-3.1	-3.0	0.7	-0.1
06:40	16.3	6.0	-3.1	-3.1	-3.1	-3.3	-3.1	0.6	-0.2
07:40	16.2	5.9	-3.2	-3.2	-3.2	-3.3	-3.1	0.5	-0.3
08:40	16.5	6.0	-3.2	-3.2	-3.2	-3.4	-3.2	0.5	-0.3
09:40	17.0	6.8	-3.3	-3.2	-3.2	-3.4	-3.2	0.6	-0.2
10:40	17.6	8.0	-3.4	-3.4	-3.4	-3.5	-3.1	1.0	0.2
11:40	13.1	8.9	-3.5	-3.4	-3.5	-3.4	-3.0	1.8	0.7
12:40	18.7	9.8	-3.4	-3.4	-3.4	-3.1	-2.8	2.2	1.3
13:40	19.2	10.5	-3.2	-3.2	-3.2	-2.8	-2.4	2.9	1.9
14:40	19.4	10.8	-3.0	-2.9	-3.0	-2.4	-2.2	3.3	2.4
15:40	19.4	11.1	-2.8	-2.7	-2.8	-2.1	-1.9	2.7	2.8
16:40	19.4	11.2	-2.6	-2.6	-2.6	-1.9	-1.8	4.0	3.0
17:40	19.0	11.4	-2.5	-2.5	-2.5	-1.7	-1.7	4.1	3.1
18:30	18.6	11.4	-2.4	-2.4	-2.5	-1.6	-1.7	4.1	3.0
18:45	18.5	11.3	-2.4	-2.4	-2.5	-1.6	-1.8	4.1	3.0
19:45	18.4	11.2	-2.4	-2.4	-2.5	-1.6	-1.8	4.0	3.0
20:45	18.0	11.1	-2.7	-2.7	-2.7	-1.8	-1.8	4.0	2.9
21:45	17.6	10.9	-2.9	-2.9	-2.9	-1.9	-1.9	3.9	2.9
22:45	17.5	10.9	-3.0	-3.0	-3.1	-2.0	-2.0	3.9	2.8
23:45	17.6	12.3	-3.0	-3.0	-3.1	-1.7	-1.9	4.3	3.0
23:50	17.6	12.5	-3.0	-3.0	-3.0	-1.7	-1.9	4.4	3.1
23:55	17.7	12.7	-3.0	-2.9	-3.0	-1.6	-1.9	4.4	3.1
00:00	17.7	12.9	-3.0	-2.9	-3.0	-1.6	-1.9	4.5	3.2

Осушка Фокального узла (27.01 13:40 - 28.01 24:00) График 1.



Осупка Фокального узла (27.01 13:40 - 28.01 24:00) График 2.



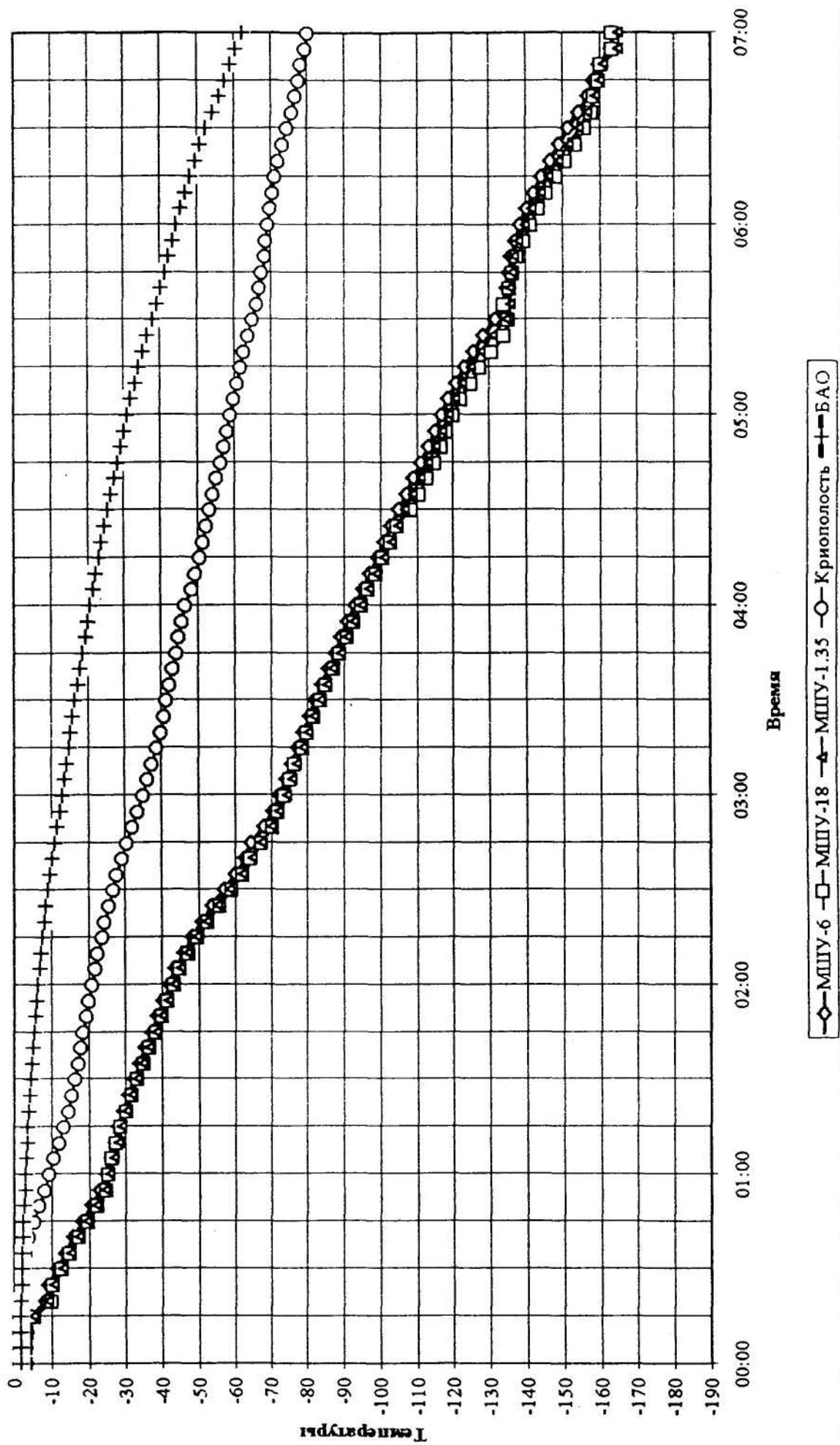
—◇— Газ в НК —□— Газ в ФК —△— Сфер. дн. 1 —×— Сфер. дн. 2

Медленное захлаживание ФУ. (29.01.04 00:00-07:00).

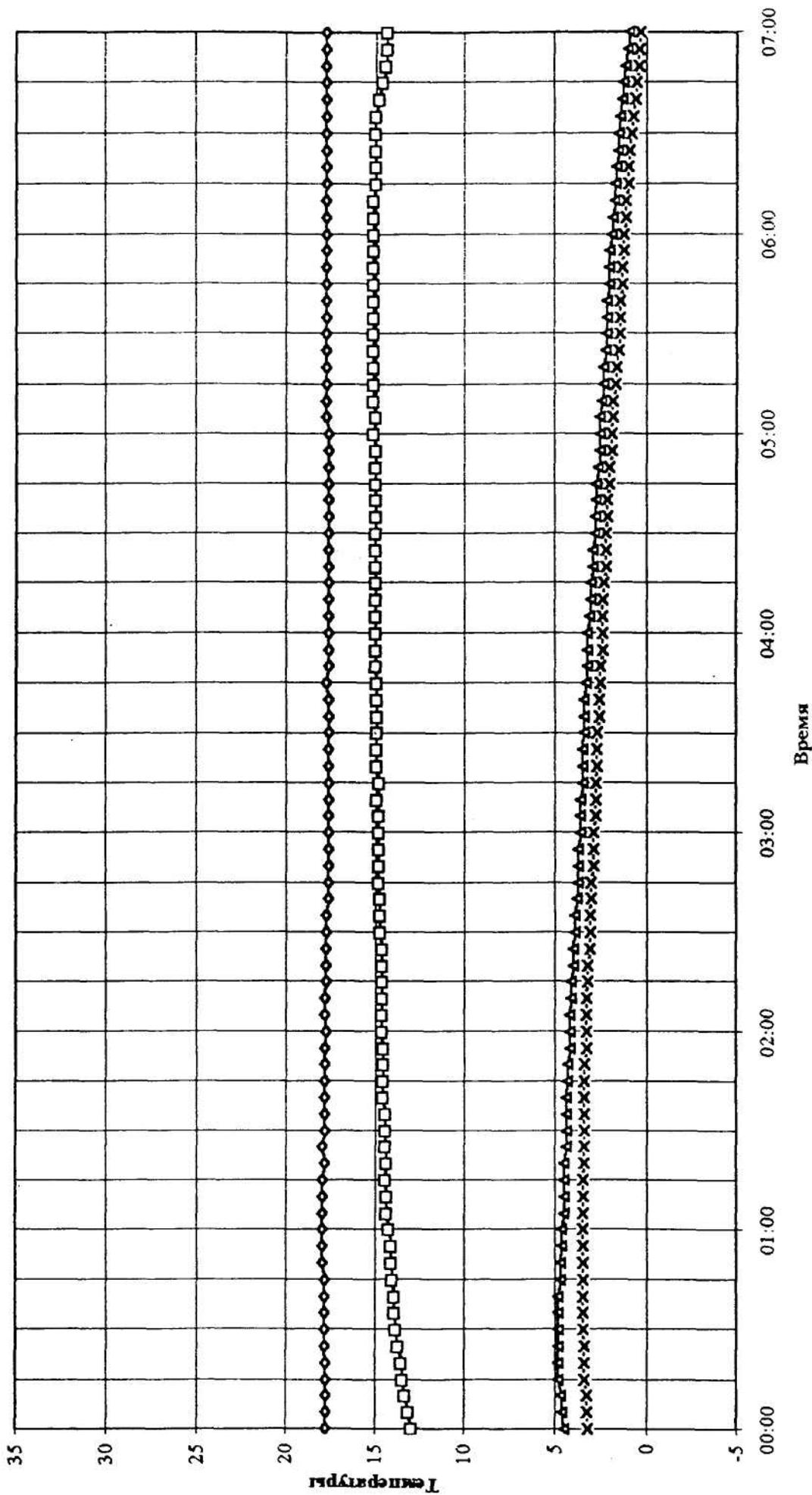
Время	Газ НК	Газ ФК	МШУ-6	МШУ-18	МШУ-1.35	Криополость	БАО	Сферическое днище	
00:00	17.7	12.9	-3.0	-2.9	-3.0	-1.6	-1.9	4.5	3.2
00:05	17.7	13.1	-3.0	-2.9	-3.0	-1.6	-1.9	4.6	3.3
00:10	17.7	13.3	-3.4	-3.5	-3.5	-1.6	-1.9	4.7	3.3
00:15	17.7	13.4	-4.7	-5.4	-5.1	-1.6	-1.9	4.8	3.4
00:20	17.7	13.5	-8.2	-10.0	-9.1	-1.7	-1.9	4.8	3.4
00:25	17.8	13.7	-9.3	-10.5	-10.8	-1.7	-2.0	4.8	3.4
00:30	17.8	13.8	-11.5	-12.8	-13.0	-2.1	-2.1	4.8	3.5
00:35	17.8	13.9	-13.6	-15.0	-15.1	-2.9	-2.1	4.8	3.5
00:40	17.8	13.9	-16.0	-17.3	-17.3	4.1	-2.3	4.8	3.5
00:45	17.8	14.0	-18.3	-19.7	-19.6	-5.4	-2.5	4.7	3.5
00:50	17.9	14.1	-20.8	-22.3	-22.1	-6.7	-2.7	4.7	3.5
00:55	17.9	14.1	-23.0	-24.6	-24.5	-8.1	-2.9	4.6	3.5
01:00	17.9	14.2	-24.6	-25.2	-25.7	-9.4	-3.1	4.6	3.5
01:05	17.9	14.3	-26.0	-28.2	-26.9	-10.8	-3.4	4.5	3.5
01:10	17.9	14.3	-27.0	-27.4	-28.0	-12.1	-3.6	4.5	3.5
01:15	17.9	14.4	-28.0	-28.7	-29.0	-13.4	-3.8	4.5	3.5
01:20	17.8	14.3	-29.4	-30.2	-30.3	-14.6	4.0	4.5	3.4
01:25	17.9	14.4	-30.7	-31.7	-31.7	-15.6	4.4	4.4	3.4
01:30	17.8	14.4	-32.3	-33.2	-33.3	-16.5	4.6	4.4	3.4
01:35	17.8	14.4	-33.9	-35.0	-34.9	-17.3	4.9	4.4	3.4
01:40	17.8	14.5	-35.5	-36.6	-36.6	-18.0	-5.2	4.4	3.4
01:45	17.8	14.5	-37.2	-38.4	-38.5	-18.7	-5.6	4.3	3.4
01:50	17.8	14.5	-38.8	-40.0	-40.1	-19.4	-5.9	4.3	3.4
01:55	17.8	14.5	-40.4	-41.5	-41.7	-20.2	-6.2	4.2	3.3
02:00	17.7	14.6	-42.0	-43.2	-43.3	-21.0	-6.5	4.2	3.3
02:05	17.8	14.6	43.7	-44.8	45.1	-21.9	-6.9	4.2	3.3
02:10	17.8	14.6	-45.9	47.4	47.1	-22.7	-7.2	4.1	3.3
02:15	17.7	14.6	-48.2	-49.8	49.4	-23.7	-7.7	4.1	3.2
02:20	17.7	14.6	-50.8	-52.6	-52.1	-24.5	-8.1	4.0	3.2
02:25	17.7	14.8	-53.7	-55.7	-55.3	-25.5	-8.6	4.0	3.1
02:30	17.7	14.7	-57.0	-59.3	-58.7	-26.7	-9.2	3.9	3.1
02:35	17.7	14.7	-60.0	-62.3	-62.2	-27.9	-9.8	3.9	3.1
02:40	17.8	14.7	-82.8	-84.5	-64.9	-29.2	-10.4	3.8	3.0
02:45	17.6	14.8	-64.4	-67.4	-67.4	-30.5	-11.1	3.7	3.0
02:50	17.6	14.8	-68.1	-70.3	-70.2	-32.0	-11.7	3.7	2.9
02:55	17.8	14.8	-70.4	-72.1	-72.4	-33.5	-12.4	3.7	2.9
03:00	17.8	14.8	-72.4	-73.9	-74.4	-35.0	-13.0	3.8	2.9
03:05	17.6	14.8	-74.2	-75.2	-75.9	-36.3	-13.6	3.6	2.8
03:10	17.6	14.9	-75.7	-76.7	-77.1	-37.6	-14.2	3.8	2.8
03:15	17.6	14.8	-77.3	-78.7	-78.6	-38.8	-14.8	3.5	2.8
03:20	17.6	14.9	-78.7	-79.9	-80.1	-39.8	-15.4	3.5	2.7
03:25	17.6	14.9	-80.4	-81.7	-81.6	40.3	-16.0	3.5	2.7
03:30	17.6	14.9	-82.1	-83.6	-83.6	41.6	-16.6	3.4	2.7
03:35	17.6	14.9	-83.8	-85.2	-85.3	42.5	-17.3	3.4	2.6
03:40	17.6	14.9	-85.6	-87.1	-87.0	43.3	-18.0	3.4	2.6
03:45	17.7	14.9	-87.4	-88.9	-89.0	44.1	-18.6	3.3	2.5
03:50	17.6	15.0	-89.2	-90.8	-90.8	44.9	-19.4	3.2	2.5
03:55	17.6	15.0	-91.0	-92.6	-92.8	45.8	-20.1	3.2	2.4

Время	Газ НК	Газ ФК	МШУ-6	МШУ-18	МШУ-1.35	Криополость	БАО	Сферическое днище	
04:00	17.6	15.0	-93.1	-94.8	-94.9	48.7	-20.8	3.2	2.4
04:05	17.6	15.0	-95.0	-96.7	-96.9	-48.8	-21.8	3.1	2.4
04:10	17.6	15.0	-97.0	-98.7	-98.9	-49.5	-22.3	3.0	2.4
04:15	17.6	15.0	-99.0	-100.7	-101.0	-50.5	-23.1	3.0	2.3
04:20	17.6	15.0	-101.0	-102.8	-103.0	-51.5	-23.9	2.9	2.2
04:25	17.6	15.0	-102.9	-104.6	-104.9	-52.4	-24.8	2.9	2.2
04:30	17.6	15.0	-104.9	-108.7	-106.8	-53.4	-25.6	2.8	2.2
04:35	17.6	15.0	-107.0	-110.7	-108.8	-54.3	-26.4	2.8	2.1
04:40	17.6	15.0	-109.0	-112.8	-110.9	-55.3	-27.4	2.7	2.1
04:45	17.6	15.0	-111.0	-115.0	-113.1	-56.3	-28.3	2.7	2.0
04:50	17.6	15.0	-113.2	-116.7	-115.3	-57.2	-29.2	2.6	2.0
04:55	17.6	15.0	-115.0	-118.4	-117.1	-58.2	-30.2	2.5	1.9
05:00	17.6	15.1	-116.8	-120.2	-118.9	-59.1	-31.1	2.5	1.9
05:05	17.7	15.0	-118.7	-122.2	-120.7	-60.0	-32.1	2.5	1.8
05:10	17.7	15.1	-120.7	-124.9	-122.5	-60.9	-33.2	2.4	1.8
05:15	17.7	15.1	-123.1	-127.6	-125.1	-61.8	-34.3	2.3	1.7
05:20	17.7	15.1	-125.7	-130.8	-127.8	-62.9	-35.4	2.3	1.6
05:25	17.7	15.1	-128.5	-134.3	-131.0	-64.0	-38.7	2.2	1.5
05:30	17.7	15.1	-131.7	-135.4	-134.8	-65.2	-38.0	2.1	1.4
05:35	17.7	15.1	-134.2	-134.2	-135.9	-66.5	-39.4	2.1	1.4
05:40	17.7	15.1	-134.9	-135.6	-135.6	-67.1	-40.4	2.1	1.4
05:45	17.7	15.1	-135.4	-136.7	-136.3	-87.8	-41.4	2.0	1.3
05:50	17.7	15.1	-136.1	-138.0	-137.0	-68.5	42.4	2.0	1.3
05:55	17.7	15.1	-137.3	-139.6	-138.3	-69.0	43.5	2.0	1.2
06:00	17.7	15.1	-138.6	-141.5	-139.9	-69.5	44.6	1.9	1.2
06:05	17.7	15.1	-140.2	-143.6	-141.9	-70.0	45.8	1.8	1.1
06:10	17.7	15.1	-142.1	-145.9	-144.2	-70.7	46.9	1.7	1.1
06:15	17.7	15.0	-144.3	-148.4	-146.5	-71.5	48.2	1.7	1.0
06:20	17.7	15.0	-146.7	-151.0	-149.2	-72.4	49.6	1.6	1.0
06:25	17.7	15.0	-149.1	-153.6	-151.8	-73.5	-51.0	1.5	0.9
06:30	17.7	15.0	-151.7	-156.2	-154.5	-74.7	-52.6	1.5	0.8
06:35	17.7	15.0	-154.3	-158.0	-156.9	-75.8	-54.2	1.4	0.7
06:40	17.7	14.8	-156.7	-158.5	-159.0	-77.0	-56.0	1.3	0.6
06:45	17.7	14.6	-158.2	-159.8	-160.0	-77.8	-57.8	1.2	0.5
06:50	17.7	14.4	-159.7	-160.4	-161.1	-78.5	-59.2	1.1	0.4
06:55	17.7	14.3	-163.1	-163.6	-164.9	-79.5	-80.8	1.0	0.4
07:00	17.7	14.3	-163.1	-163.6	-164.9	-80.3	-62.5	0.9	0.3

Медленное захлаживание (29.01.04 00:00 - 07:00) График 1.



Медленное захлаживание (29.01.04 00:00 - 07:00) График 2.



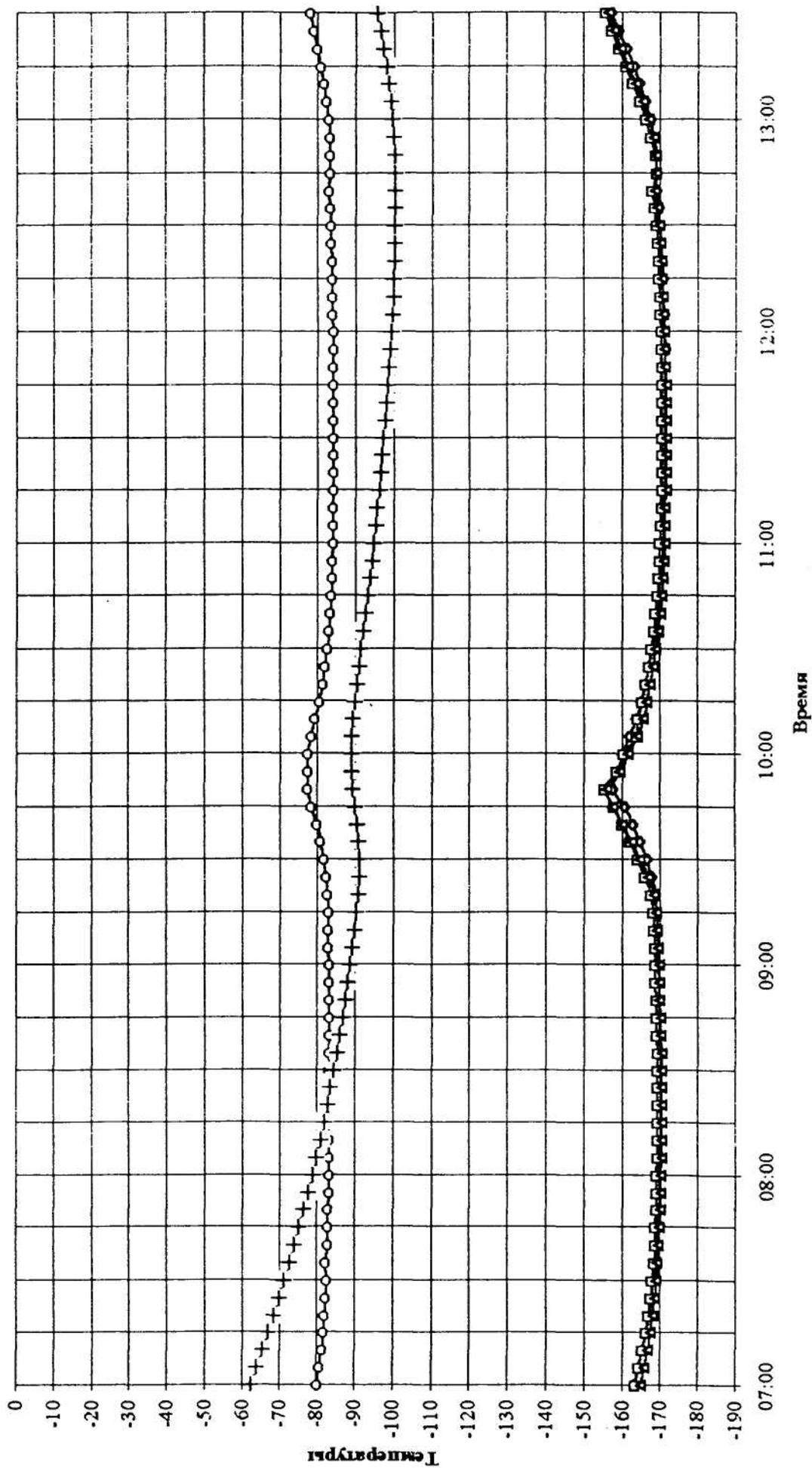
—◇— Газ НК —□— Газ ФК —▲— Сфер. дн. 1 —×— Сфер. дн. 2

Заправки азотом № 1 и 2 (29.01.04 07:00 -13:30).

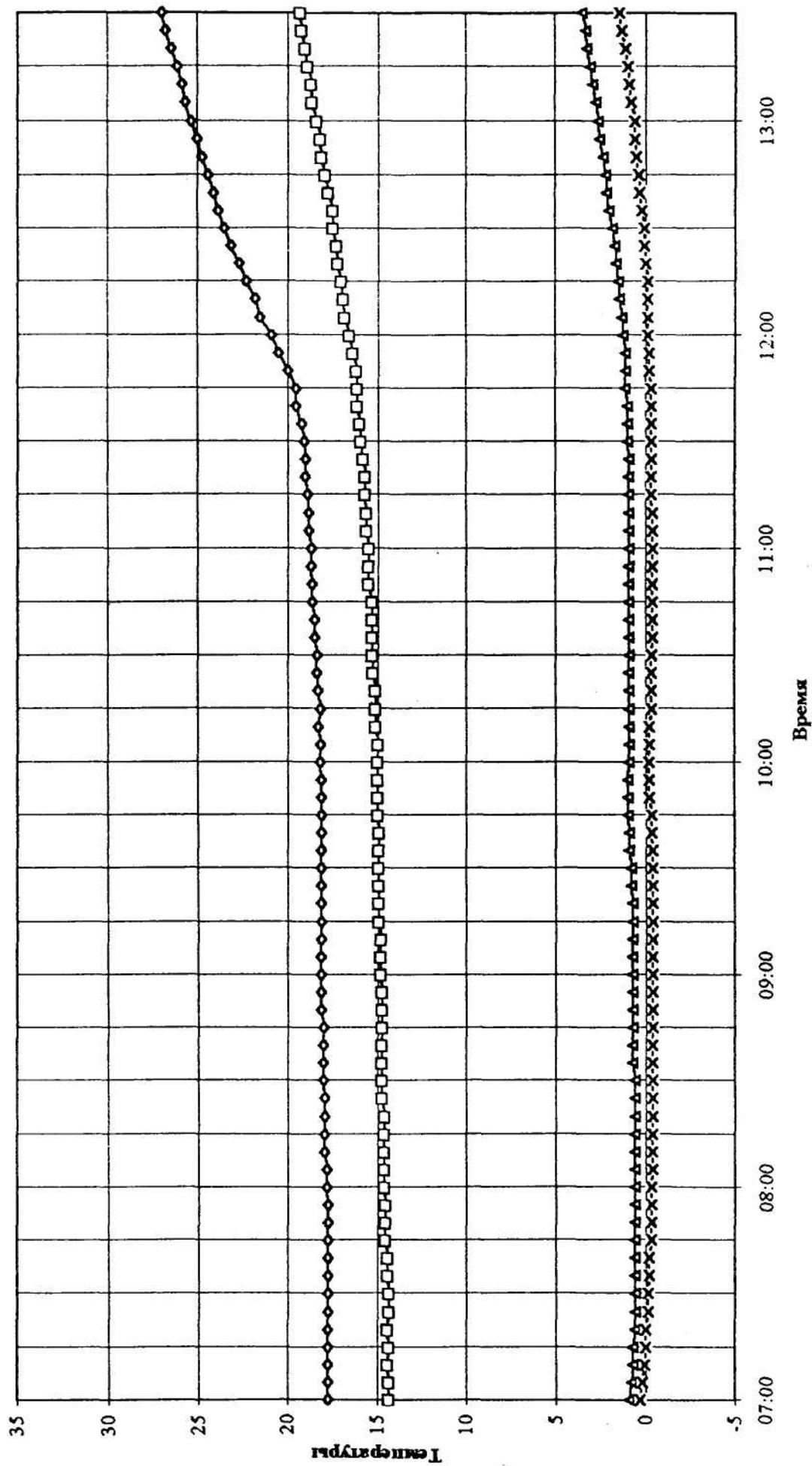
Время	ГазНК	ГазФК	МШУ-6	МШУ-18	МШУ-1.35	Крио-полость	5АО	Сферическое днище	
07:00	17.7	14.3	-163.1	-163.8	-164.9	-80.3	-62.5	0.9	0.3
07:05	17.7	U.3	-164.4	-164.5	-168.0	-80.8	-64.1	0.8	0.2
07:10	17.7	14.4	-165.4	-165.3	-168.8	-81.4	-65.6	0.7	0.1
07:15	17.7	14.3	-186.3	-166.1	-167.5	-81.8	-67.2	0.7	0.0
07:20	17.7	14.4	-187.1	-166.7	-168.1	-82.1	-68.7	0.6	0.0
07:25	17.7	14.3	-167.7	-167.3	-168.7	-82.4	-70.1	0.6	-0.1
07:30	17.7	14.3	-168.2	-167.8	-169.1	-82.7	-71.5	0.6	-0.1
07:35	17.7	14.4	-168.6	-168.2	-169.4	-82.2	-72.9	0.6	-0.2
07:40	17.7	14.4	-169.0	-168.5	-169.7	-82.9	-74.2	0.6	-0.2
07:45	17.7	14.5	-169.3	-168.7	-169.9	-83.0	-75.4	0.6	-0.3
07:50	17.7	14.5	-169.6	-168.9	-170.2	-83.1	-76.7	0.6	-0.3
07:55	17.7	14.5	-189.8	-169.0	-170.3	-83.2	-77.8	0.6	-0.3
08:00	17.8	14.8	-169.9	-189.1	-170.3	-83.3	-73.9	0.8	-0.3
08:05	17.8	14.6	-170.0	-169.2	-170.5	-83.3	-80.0	0.6	-0.4
08:10	17.9	14.6	-170.1	-169.3	-170.5	-83.3	-81.0	0.6	-0.4
08:15	17.9	14.6	-170.1	-169.3	-170.5	-83.3	-82.0	0.6	-0.4
08:20	17.9	14.6	-170.1	-169.3	-170.4	-83.3	-82.9	0.6	-0.4
08:25	17.9	14.7	-170.1	-169.2	-170.5	-83.3	-83.7	0.6	-0.4
08:30	18.0	14.7	-170.1	-169.2	-170.4	-83.3	-84.6	0.8	-0.4
08:35	18.0	14.7	-170.1	-169.2	-170.4	-83.3	-85.4	0.7	-0.4
08.40	18.0	14.7	-170.0	-169.1	-170.3	-83.3	-86.1	0.7	-0.4
08:45	18.0	14.7	-170.0	-169.0	-170.2	-83.3	-86.9	0.7	-0.4
08:50	18.1	14.7	-169.9	-188.9	-170.0	-83.3	-87.6	0.7	-0.4
08:55	18.1	14.7	-169.8	-168.8.	-170.0	-83.2	-88.2	0.7	-0.4
09:00	18.1	14.8	-169.6	-168.7	-169.8	-83.2	-88.9	0.7	-0.4
09:05	18.1	14.8	-169.5	-168.5	-169.7	-83.1	-89.4	0.7	-0.4
09:10	18.1	14.8	-169.3	-168.2	-169.3	-83.0	-89.9	0.7	-0.4
09:15	18.1	14.9	-169.1	-167.9	-169.1	-82.9	-90.4	0.7	-0.4
09:20	18.1	14.9	-168.6	-167.3	-1884	-82.8	-90.9	0.7	-0.4
09:25	18.1	14.9	-167.8	-165.8	-168.7	-82.3	-91.1	0.8	-0.4
09:30	18.1	14.9	-166.5	-164.1	-164.7	-81.6	-91.1	0.8	-0.4
09:35	18.1	149	-164.8	-162.3	-162.5	-80.7	-91.0	0.9	-0.4
09:40	18.1	14.9	-162.8	-160.2	-160.2	-79.9	-90.6	0.9	-0.3
09:45	18.1	15.0	-180.7	-158.0	-157.8	-78.5	-90.0	1.0	-0.3
09:50	18.1	15.0	-157.6	-155.6	-156.3	-77.4	-89.4	1.0	-0.2
09:55	18.1	15.0	-158.8	-158.7	-159.5	-77.4	-89.1	1.0	-0.2
10.00	18.2	15.0	-160.1	-160.4	-161.7	-77.5	-89.0	0.9	-0.2
10:05	18.2	15.0	-162.0	-163.9	-164.1	-78.3	-89.2	0.9	-0.2
10:10	18.3	15.1	-163.7	-184.2	-165.8	-79.4	-89.5	0.9	-0.2
10:15	18.2	15.1	-165.0	-165.3	-168.8	-80.4	-90.0	0.9	-0.3
10:20	18.3	15.1	-166.2	-166.2	-187.5	-81.3	-90.5	0.9	-0.3
10:25	18.4	15.2	-167.2	-167.1	-168.4	-82.0	-91.1	0.9	-0.3
10:30	18.4	15.3	-168.0	-167.8	-169.0	-82.5	-91.6	0.9	-0.3
10:35	18.5	15.3	-168.7	-168.4	-169.6	-83.0	-92.2	0.9	-0.4
10:40	13.5	15.3	-169.3	-188.8	-170.1	-83.3	-92.8	0.9	-0.4
10:45	18.6	15.3	-169.7	-169.3	-170.5	-83.8	-93.3	0.9	-0.4
10:50	18.6	15.5	-170.1	-169.6	-170.8	-83.8	-93.9	0.9	-0.4
10:55	18.7	15.5	-170.5	-169.9	-171.0	-84.0	-94.4	0.9	-0.4
11:00	18.7	15.5	-170.7	-170.0	-171.3	-84.1	-94.9	0.9	-0.4
11:05	18.8	15.6	-171.0	-170.2	-171.4	-84.2	-95.4	0.9	-0.4
11:10	18.8	15.6	-171.1	-170.4	-171.5	-84.3	-95.8	0.9	-0.4
11:15	18.9	15.7	-171.3	-170.4	-171.6	-84.3	-98.3	0.9	-0.3
11:20	19.0	15.7	-171.3	-170.5	-171.7	-84.3	-96.7	0.9	-0.3
11:25	19.0	15.8	-171.4	-170.5	-171.7	-84.3	-97.1	0.9	-0.3

Время	Газ НК	Газ ФК	МШУ-6	МШУ-18	МШУ-1.35	Криополость	БАО	Сферическое	
								Днище	
11:30	19.1	15.9	-171.4	-170.5	-171.7	-84.3	-97.4	1.0	-0.3
11:35	19.2	16.0	-171.4	-170.5	-171.7	-34.3	-97.8	1.0	-0.3
11:40	19.5	16.1	-171.4	-170.5	-171.6	-84.3	-98.2	1.0	-0.3
11:45	19.5	16.1	-171.4	-170.4	-171.6	-84.2	-98,5	1.1	-0.3
11:50	20.0	16.2	-171.3	-170.4	-171.4	-84.2	-98.8	1.1	-0.2
11:55	20.5	16.4	-171.3	-170.3	-171.2	-84.1	-99.1	1.1	-0.2
12:00	20.9	16.6	-171.1	-170.2	-171.1	-84.1	-99.3	1.2	-0.1
12:05	21.5	16.8	-171.0	-170.0	-170.9	-84.0	-99.7	1.3	-0.1
12:10	21.8	16.9	-170.9	-169.9	-170.8	-34.0	-99.9	1.4	-0.1
12:15	22.3	17.0	-170.7	-169.7	-170.6	-83.9	-100.1	1.5	-0.1
12:20	22.7	17.2	-170.5	-169.5	-170.4	-83.8	-100.2	1.6	0.0
12:25	23.1	17.3	-170.3	-169.3	-170.2	-83.7	-100.3	1.7	0.1
12:30	23.5	17.5	-170.0	-168.9	-169.8	-83.6	-100.4	1.8	0.1
12:35	23.8	17.5	-189.8	-168.4	-169.2	-83.4	-100.4	2.0	0.2
12:40	24.1	17.7	-168.9	-187.6	-168.5	-83.0	-100.3	2.1	0.3
12:45	24.4	17.9	-169.1	-168.9	-169.1	-83.3	-100.3	2.2	0.4
12:50	24.7	18.1	-168.9	-168.5	-168.9	-83.4	-100.2	2.3	0.5
12:55	25.0	18.2	-168.4	-187.5	-168.2	-83.2	-100.1	2.5	0.6
13:00	25.3	18.4	-167.5	-168.1	-167.1	-82.9	-99.8	2.8	0.6
13:05	25.6	18.6	-166.3	-184.7	-165.5	-82.3	-99.4	2.7	0.8
13:10	25.8	18.7	-164.8	-182.9	-163.7	-81.8	-98.8	2.9	0.9
13:15	26.1	18.9	-163.2	-181.1	-161.7	-80.8	-98.2	3.0	1.0
13:20	26.4	19.0	-161.2	-159.3	-159.9	-79.9	-97.3	3.2	1.1
13:25	26.7	19.2	-159.3	-157.3	-158.1	-79.0	-96.8	3.3	1.3
13:30	28.9	19.3	-157.5	-155.9	-156.9	-78.0	-95.8	3.5	1.4

Заправки азотом № 1 и 2 (29.01.04 07:00 - 13:30) График 1.



Заправки № 1 и 2 (29.01.04 07:00 - 13:30) График 2.



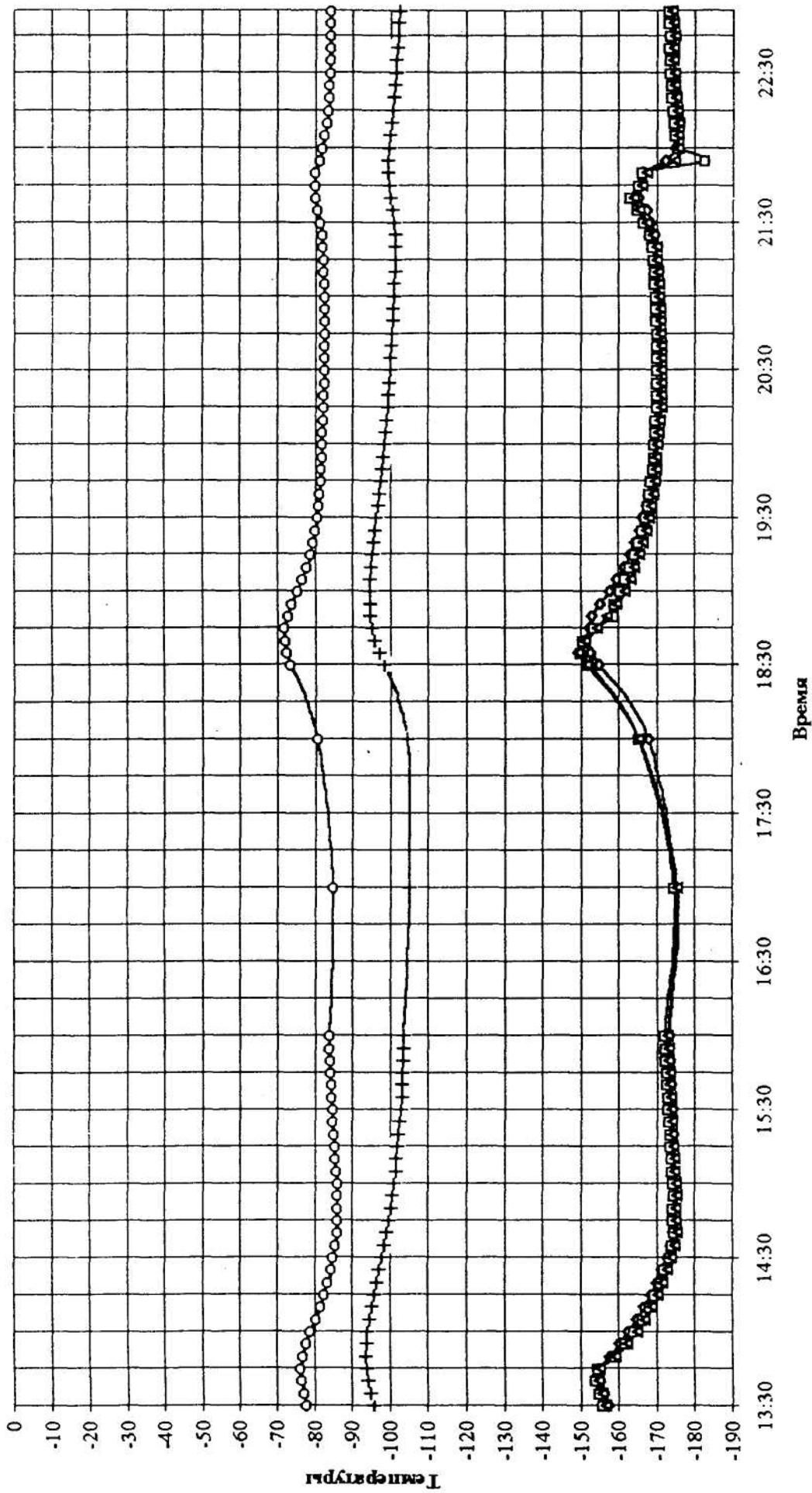
—◇— Газ НК —□— Газ ФК —△— Сфер.дн.1 —Ж— Сфер.дн.2

**Проведение калибровок КРТ в диапазонах 1.35, 6 и 18 см. Заправки азотом № 3, 4 и 5.
(29.01.04 13:30-22:55).**

Время	Газ НК	Газ ФК	МШУ-6	МШУ-18	МШУ-1.35	Криополость	БАО	Сферическое днище	
13:30	26.9	19.3	-157.5	-155.9	-156.9	-78.0	-95.8	3.5	1.4
13:35	27.0	19.4	-156.2	-154.7	-155.7	-77.3	-95.0	3.6	1.5
13:40	27.3	19.6	-155.2	-154.0	-154.8	-76.7	-94.3	3.8	1.7
13:45	27.5	19.6	-155.0	-154.5	-155.1	-76.4	-93.9	3.9	1.8
13:50	27.7	19.6	-157.6	-159.1	-159.3	-77.0	-93.8	3.9	1.8
13:55	27.9	19.8	-160.1	-161.8	-162.4	-77.8	-93.9	4.0	1.9
14:00	28.1	19.9	-162.4	-164.0	-164.9	-79.0	-94.2	4.0	2.0
14:05	28.2	20.0	-164.7	-166.2	-167.0	-80.4	-94.7	4.1	2.0
14:10	28.4	20.1	-166.7	-168.0	-168.8	-81.6	-95.2	4.2	2.0
14:15	28.6	20.2	-168.5	-169.5	-170.3	-82.7	-95.8	4.3	2.1
14:20	28.8	20.3	-170.0	-170.9	-171.7	-83.6	-96.5	4.4	2.1
14:25	28.9	20.4	-171.3	-172.1	-172.9	-84.4	-97.2	4.4	2.1
14:30	29.0	20.5	-172.5	-173.1	-174.0	-85.0	-97.8	4.5	2.2
14:35	29.2	20.6	-173.5	-173.9	-174.7	-85.5	-98.5	4.6	2.2
14:40	29.3	20.7	-174.3	-174.6	-175.5	-86.0	-99.2	4.8	2.3
14:45	29.5	20.8	-174.7	-174.2	-175.1	-88.1	-99.7	4.7	2.3
14:50	29.6	20.9	-174.9	-174.3	-175.1	-86.1	-100.3	4.8	2.4
14:55	29.8	21.0	-175.1	-174.5	-175.3	-86.0	-100.7	4.9	2.5
15:00	29.9	21.0	-174.9	-174.3	-175.1	-88.0	-101.1	4.9	2.5
15:05	30.0	21.1	-174.8	-174.0	-174.9	-85.8	-101.6	5.0	2.6
15:10	30.1	21.1	-174.8	-173.8	-174.7	-85.5	-101.8	5.1	2.7
15:15	30.2	21.2	-174.5	-173.6	-174.5	-85.4	-102.1	5.1	2.7
15:20	30.2	21.2	-174.4	-173.4	-174.3	-85.2	-102.4	5.2	2.8
15:25	30.3	21.3	-174.3	-173.2	-174.1	-85.0	-102.7	5.3	2.9
15:30	30.4	21.3	-174.1	-173.0	-173.9	-84.8	-102.8	5.3	3.0
15:35	30.5	21.4	-173.9	-172.9	-173.8	-84.8	-103.1	5.4	3.0
15:40	30.6	21.4	-173.7	-172.7	-173.6	-84.5	-103.2	5.5	3.1
15:45	30.6	21.5	-173.6	-172.5	-173.5	-84.3	-103.3	5.5	3.2
15:50	30.7	21.5	-173.4	-172.4	-173.2	-84.2	-103.4	5.6	3.3
15:55	30.8	21.5	-173.2	-172.2	-173.1	-84.0	-103.5	5.7	3.3
16:00	30.8	21.6	-173.2	-172.1	-173.0	-84.0	-103.6	5.7	3.3
17:00	31.0	21.9	-174.7	-174.8	-175.4	-84.9	-105.0	6.1	3.7
18:00	31.0	22.1	-167.9	-165.2	-165.2	-80.8	-104.8	6.5	4.0
18:30	31.0	22.1	-154.9	-152.3	-151.8	-73.5	-98.6	7.0	4.5
18:35	30.5	22.2	-152.7	-150.1	-149.5	-72.4	-97.3	7.0	4.6
18:40	30.0	22.3	-151.2	-150.8	-151.5	-72.1	-96.1	7.1	4.7
18:45	29.3	22.4	-152.3	-153.7	-154.5	-72.0	-95.3	7.2	4.8
18:50	28.7	22.2	-153.0	-159.0	-157.2	-72.7	-94.8	7.2	4.8
18:55	28.1	22.1	-155.2	-158.9	-159.7	-73.9	-94.6	7.2	4.8
19:00	27.5	22.0	-157.6	-160.4	-161.7	-75.4	-94.6	7.2	4.7
19:05	27.0	22.0	-159.7	-161.8	-163.3	-76.7	-94.8	7.2	4.8
19:10	26.4	21.9	-181.4	-163.2	-164.4	-77.8	-95.0	7.1	4.8
19:15	25.9	21.8	-163.0	-164.4	-165.6	-78.7	-95.3	7.1	4.7
19:20	25.5	21.7	-164.3	-165.4	-166.6	-79.8	-95.7	7.0	4.7
19:25	25.3	21.7	-165.5	-166.2	-167.4	-80.2	-96.0	7.0	4.7
19:30	25.0	21.5	-166.4	-167.1	-168.1	-80.7	-96.4	6.9	4.6
19:35	24.0	21.4	-167.4	-167.7	-168.7	-81.0	-96.8	6.7	4.7

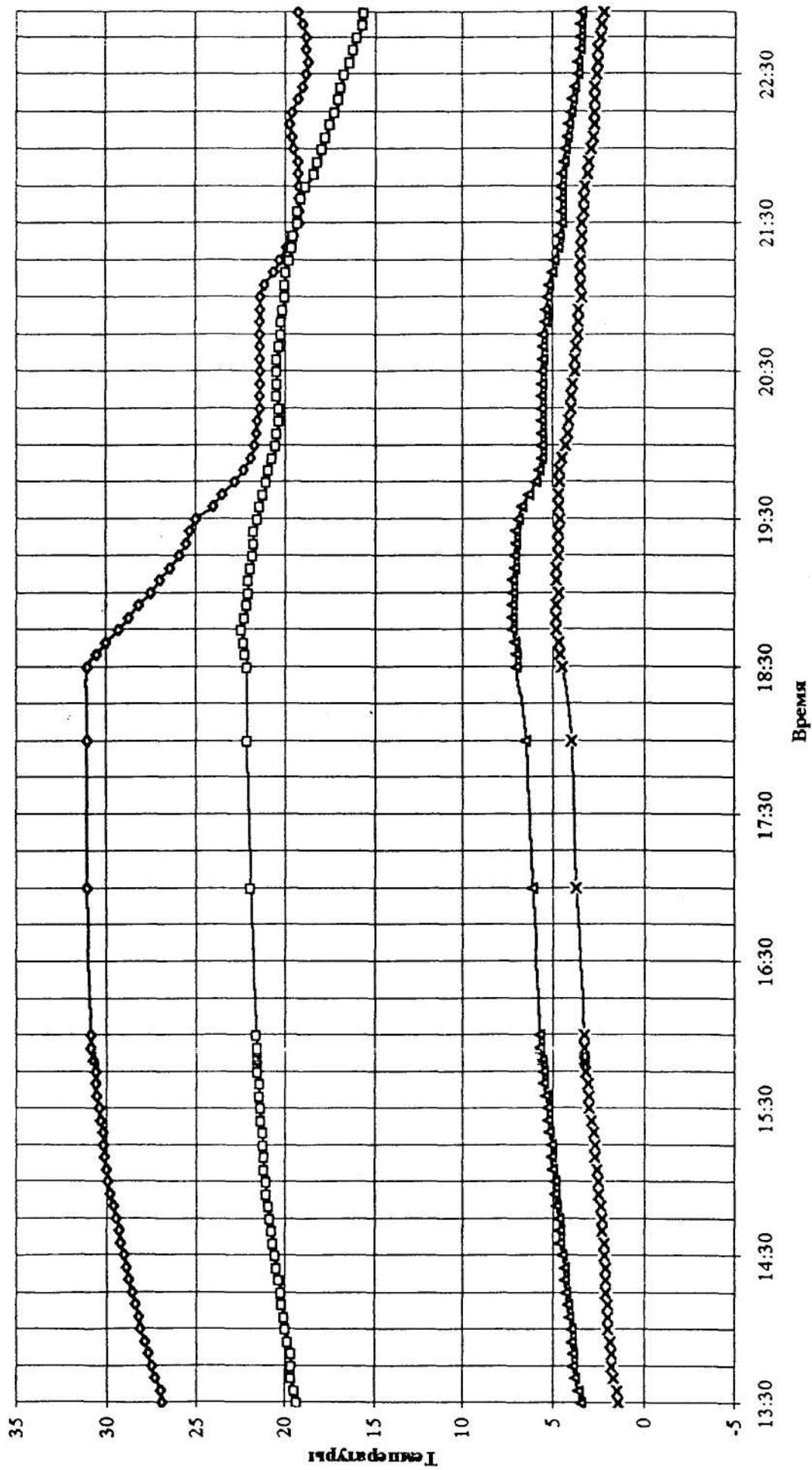
Время	Газ НК	Газ ФК	МШУ-6	МШУ-18	МШУ-1.35	Криополость	БАО	Сферическое днище	
19:40	23.5	21.2	-168.7	-168.2	-169.3	-51.3	-97.2	6.3	4.7
19:45	22.8	21.0	-169.2	-168.6	-169.6	-«1.6	-97.5	5.9	4.6
19:50	22.3	20.9	-169.6	-169.0	-170.0	-81.7	-97.8	5.7	4.6
19:55	21.9	20.7	-169.9	-169.3	-170.2	-81.9	-98.2	5.6	4.5
20:00	21.7	20.5	-170.2	-169.5	-170.5	-82.0	-98.6	5.6	4.3
20:05	21.6	20.4	-170.4	-169.7	-170.8	-82.1	-98.8	5.6	4.2
20:10	21.5	20.3	-170.5	-169.8	-171.0	-S2.2	-99.0	5.6	4.1
20:15	21.4	20.3	-170.7	-169.9	-171.2	-82.4	-99.4	5.6	4.0
20:20	21.4	20.4	-170.3	-170.0	-171.2	-82.4	-99.5	5.6	4.0
20:25	21.4	20.4	-170.9	-170.0	-171.2	-82.5	-99.8	5.6	3.9
20:30	21.4	20.4	-170.9	-170.0	-171.2	-82.5	-100.0	5.6	3.8
20:35	21.4	20.4	-170.9	-170.0	-171.2	-82.6	-100.2	5.5	3.8
20:40	21.4	20.3	-170.9	-170.0	-171.2	-82.6	-100.4	5.5	3.7
20:45	21.4	20.2	-170.8	-169.9	-171.1	-82.6	-100.5	5.5	3.6
20:50	21.4	20.2	-170.8	-169.8	-170.9	-82.5	-100.7	5.4	3.6
20:55	21.4	20.1	-170.7	-169.8	-170.9	-82.5	-100.8	5.4	3.6
21:00	21.4	20.0	-170.6	-169.6	-170.8	-82.5	-101.0	5.3	3.4
21:05	21.1	20.0	-170.5	-169.5	-170.7	-82.5	-101.1	5.2	3.5
21:10	20.6	19.9	-170.3	-169.3	-170.5	-82.4	-101.2	5.0	3.5
21:15	20.3	19.7	-170.1	-169.0	-170.2	-«2.3	-101.2	4.9	3.5
21:20	19.9	19.6	-189.8	-168.7	-169.9	-82.1	-101.3	4.7	3.5
21:25	19.5	19.5	-169.3	-168.0	-169.0	-82.0	-101.2	4.6	3.4
21:30	19.2	19.3	-168.5	-166.5	-167.4	-81.5	-101.1	4.5	3.4
21:35	19.2	19.3	-167.4	-165.0	-165.6	-80.8	-100.7	4.5	3.3
21:40	19.2	19.1	-165.2	-163.1	-164.0	-80.1	-100.1	4.5	3.3
21:45	19.2	18.8	-165.6	-165.4	-166.1	-80.2	-99.6	4.5	3.2
21:50	19.3	18.4	-166.4	-166.2	-187.5	-80.2	-99.4	4.5	3.1
21:55	19.3	18.2	-172.2	-182.6	-174.7	-81.4	-99.5	4.4	3.0
22:00	19.5	17.9	-174.9	-175.7	-175.7	-82.1	99.8	4.3	2.9
22:05	19.6	17.7	-175.4	-174.7	-175.7	-82.7	-100.1	4.2	2.8
22:10	19.7	17.5	-175.4	-174.4	-175.6	-83.3	-100.4	4.1	2.7
22:15	19.6	17.2	-175.2	-174.2	-175.3	-83.6	-100.7	4.0	2.7
22:20	19.3	17.0	-175.1	-174.0	-175.1	-83.8	-101.0	3.9	2.7
22:25	19.0	16.9	-174.8	-173.8	-174.9	-84.0	-101.3	3.8	2.7
22:30	18.8	16.7	-174.7	-173.6	-174.8	-84.1	-101.6	3.6	2.6
22:35	18.7	16.4	-174.5	-173.4	-174.6	-84.1	-101.8	3.6	2.5
22:40	18.8	16.2	-174.3	-173.3	-174.4	-84.2	-102.0	3.5	2.5
22:45	18.8	16.0	-174.2	-173.6	-174.9	-84.2	-102.2	3.5	2.4
22:50	19.0	15.7	-174.2	-173.3	-174.4	-84.3	-102.4	3.5	2.3
22:55	19.3	15.6	-174.1	-173.2	-174.3	-84.3	-102.5	3.4	2.2

Калибровки КРТ, заправки № 3, 4, 5 (20.01.04 13:30 - 22:55) График 1.



—○— МШУ-6 —△— МШУ-1.35 —□— МШУ-18 —+— Криволинейность —+— Б.А.О

Калибровки КРТ, заправки № 3, 4, 5 (20.01.04 13:30 - 22:55) График 2.

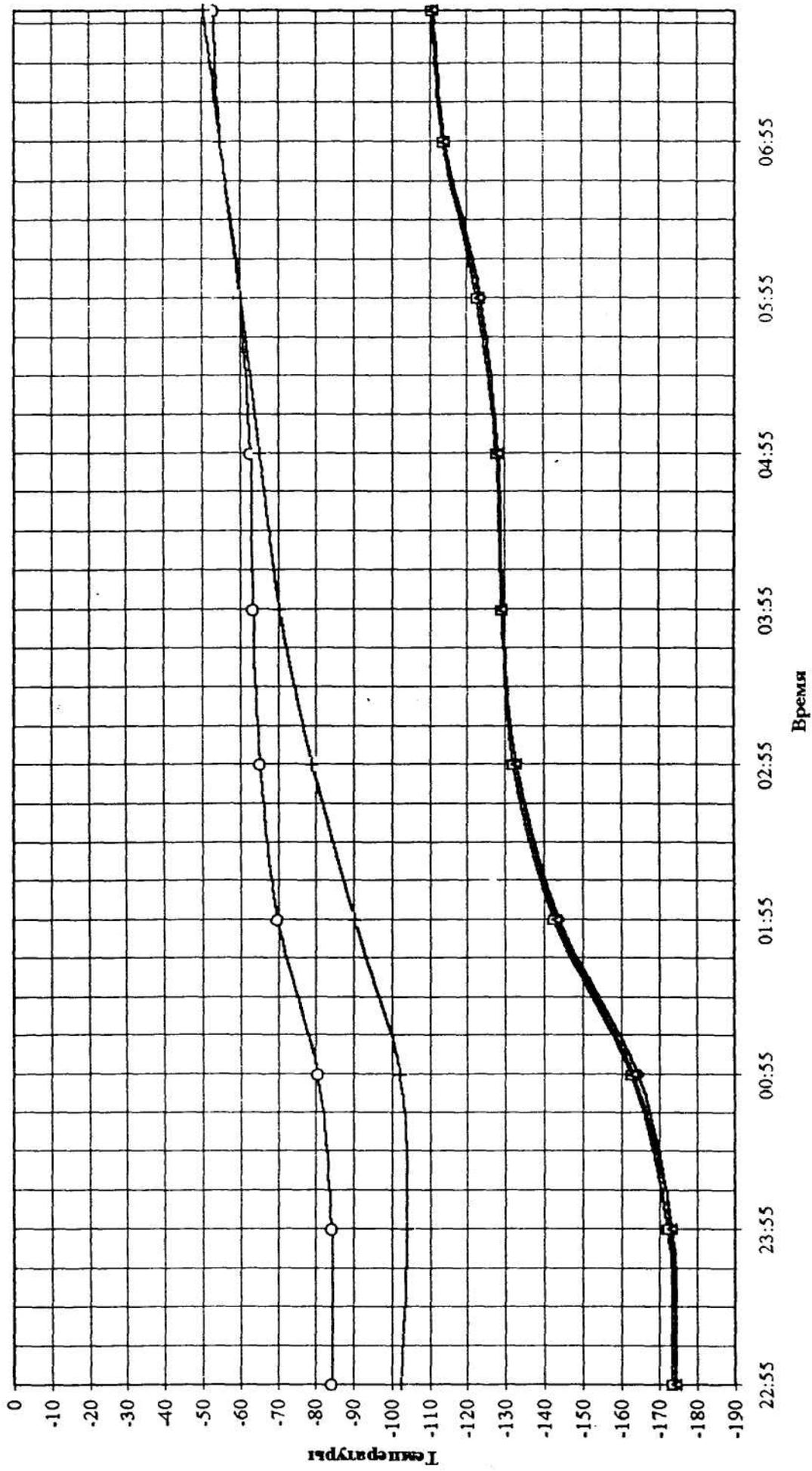


◆ Газ НК □ Газ ФК ▲ Сфер. дн. 1 × Сфер. дн. 2

Ночной перерыв в работе. (29.01.04 22:55-30.01.04 07:45).

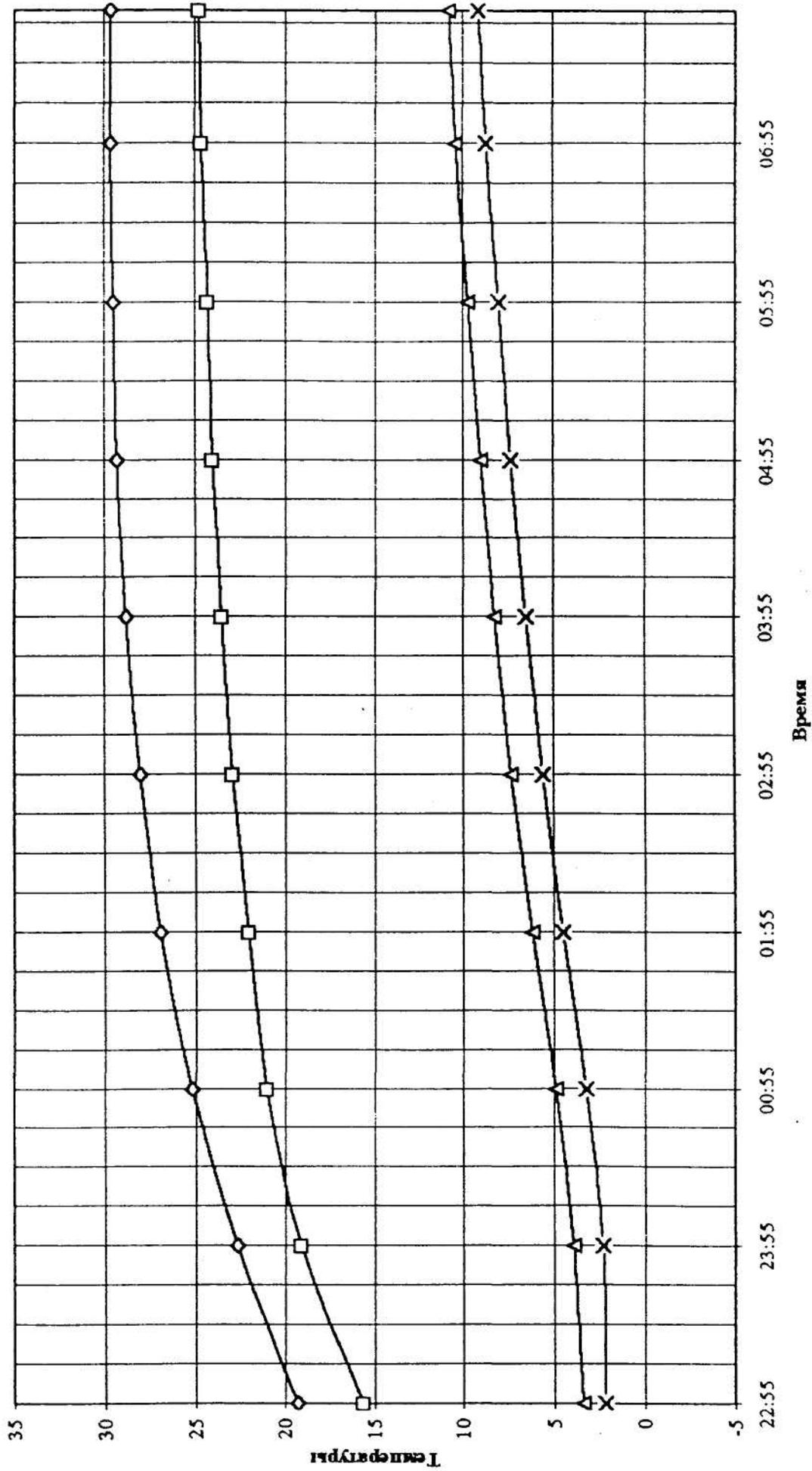
Время	Газ НК	Газ ФК	МШУ-6	МШУ-18	МШУ-1.35	Криополость	БАО	Сферическое днище	
22:55	19.3	15.6	-174.1	-173.2	-174.3	-84.3	-102.5	3.4	2.2
23:55	22.7	19.1	-172.8	-172.1	-173.1	-84.1	-103.9	3.9	2.3
00:55	25.2	21.0	-164.5	-162.4	-163.3	-80.4	-102.2	4.9	3.2
01:55	26.9	22.0	-143.8	-142.3	-143.3	-69.8	-90.2	6.2	4.5
02:55	28.0	22.9	-133.1	-132.1	-133.0	-85.2	-78.9	7.3	5.6
03:55	28.8	23.5	-129.1	-128.9	-129.4	-63.5	-70.5	8.2	6.5
04:55	29.3	24.0	-128.1	-127.8	-128.4	-62.9	-65.2	9.0	7.3
05:55	29.5	24.3	-123.7	-122.7	-123.6	-60.1	-60.5	9.7	8.0
06:55	29.6	24.6	-114.2	-113.4	-114.2	-54.9	-54.8	10.4	8.7
07:45	29.6	24.7	-110.6	-110.4	-111.0	-53.2	-50.8	10.8	9.1

Ночной перерыв (29.01.04 22:55 - 30.01.04 07:45) График 1.



—◇— МШУ-6 —□— МШУ-18 —▲— МШУ-1.35 —○— Криполюсь —+— ВАО

Ночной перерыв (29.01.04 22:55 - 30.01.04 07:45) График 2.



—◇— Газ НК —□— Газ ФК —△— Сфер.дн.1 —X— Сфер.дн.2

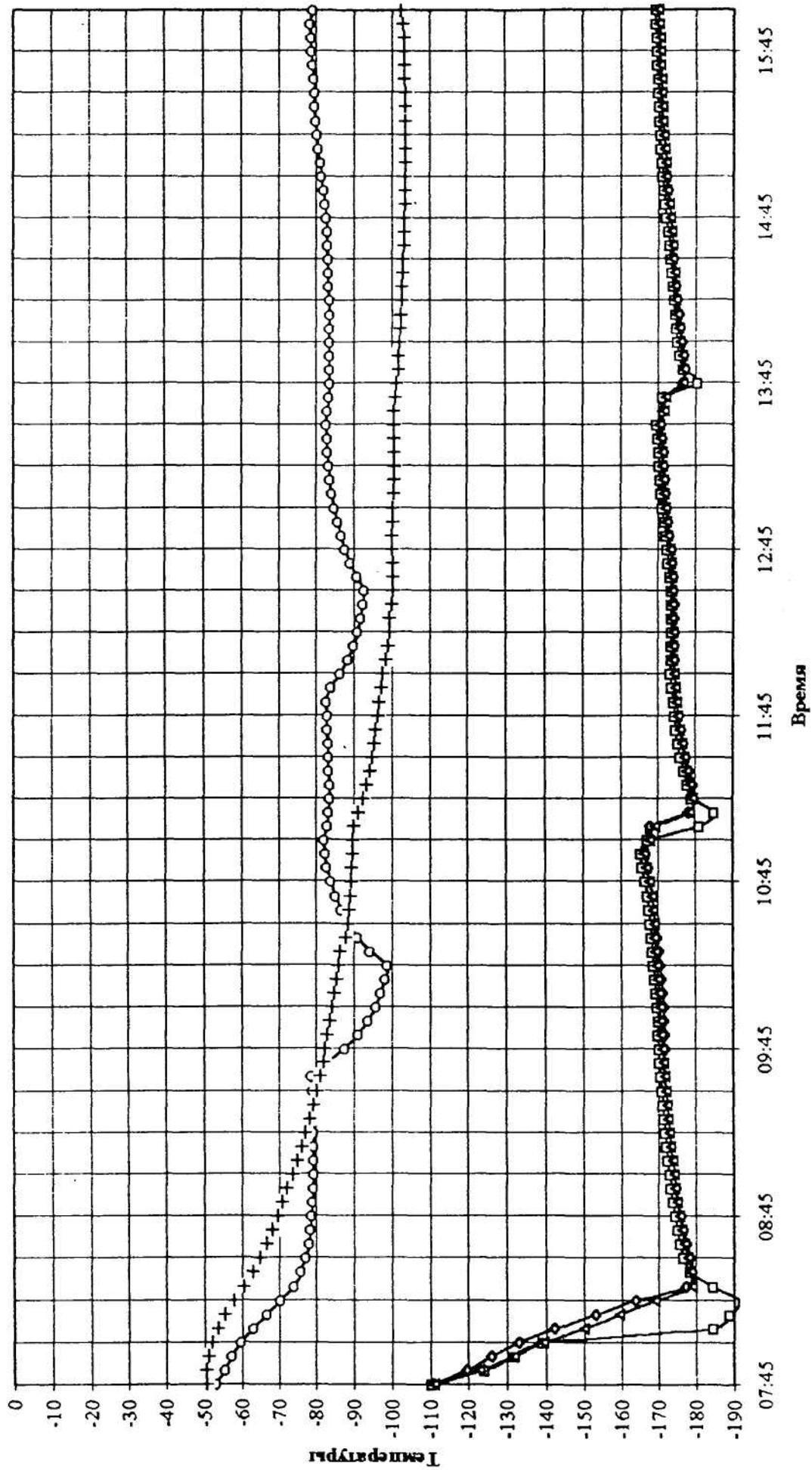
Запись диаграмм на источниках "Лебедь-А" и "Кассиопея-А". Заправки № 6, 7, 8.

(30.01.04.07:45-16:00).

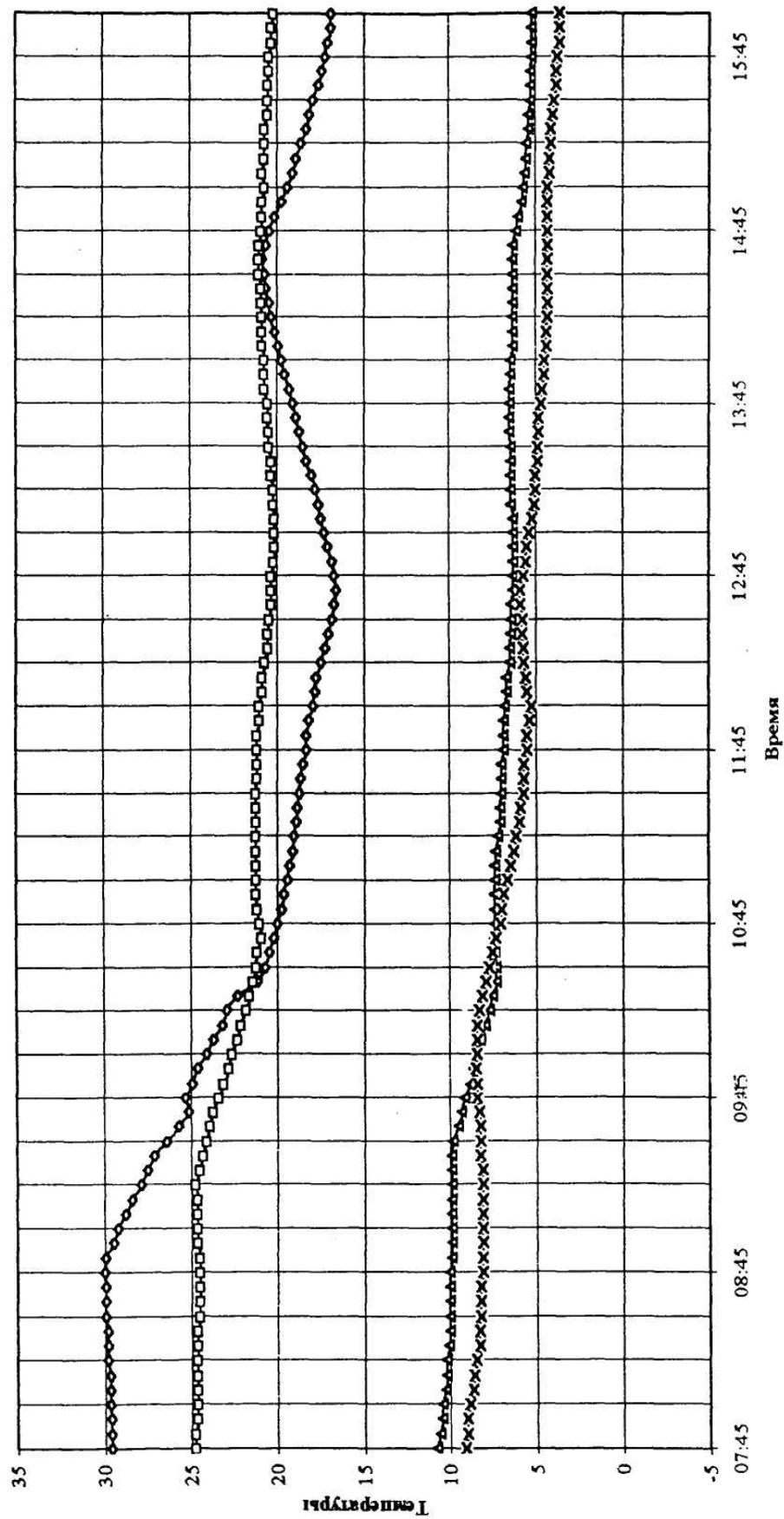
Время	Газ НК	Газ ФК	МШУ-6	МШУ-18	МШУ-1.35	Криополость	БАО	Сферическое днище	
07:45	29.6	24.7	-110.6	-110.4	-111.0	-53.2	-50.6	10.8	9.1
07:50	29.6	24.7	-119.4	-124.2	-123.0	-55.5	-50.7	10.6	9.0
07:55	29.6	24.8	-125.9	-131.6	-131.7	-57.4	-51.2	10.5	9.0
08:00	29.7	24.6	-132.9	-139.1	-139.4	-59.8	-52.2	10.5	8.9
08:05	29.7	24.6	-142.1	-184.4	-150.2	-83.1	-53.6	10.3	8.7
08:10	29.7	24.6	-153.2	-188.7	-159.4	-66.8	-55.8	10.2	3.6
08:15	29.8	24.6	-163.7	-191.3	-189.1	-70.5	-57.8	10.2	8.5
08:20	29.8	24.6	-177.2	-184.6	-179.1	-74.0	-80.7	10.1	8.3
08:25	29.8	24.6	-178.9	-178.4	-178.8	-76.0	-63.1	10.0	8.3
08:30	29.9	24.5	-178.4	-176.7	-177.9	-77.2	-65.0	10.0	8.2
08:35	29.9	24.5	-177.5	-175.8	-177.0	-78.0	-86.7	10.0	8.2
08:40	29.9	24.5	-176.6	-175.0	-176.3	-78.5	-68.3	10.0	8.2
08:45	30.0	24.5	-175.9	-174.3	-175.8	-78.7	-89.7	10.0	8.1
08:50	29.9	24.5	-175.2	-173.8	-175.0	-79.1	-71.1	9.9	8.1
08:55	29.5	24.6	-174.6	-173.3	-174.5	-79.2	-72.4	9.9	8.1
09:00	29.2	24.6	-174.1	-172.8	-174.1	-79.2	-73.7	9.9	8.1
09:05	28.8	24.6	-173.7	-172.4	-173.7	-79.3	-74.9	9.9	8.1
09:10	28.4	24.6	-173.3	-172.1	-173.3	-79.2	-76.1	9.9	8.1
09:15	27.9	24.7	-172.9	-171.8	-172.9	-79.2	-77.2	9.9	8.1
09:20	27.5	24.5	-172.6	-171.4	-172.8	-79.2	-78.3	9.9	8.1
09:25	27.1	24.3	-172.3	-171.1	-172.4	-79.1	-79.2	9.9	8.2
09:30	26.4	24.1	-172.0	-170.8	-172.0	-79.0	-80.1	9.8	8.2
09:35	25.7	23.9	-171.7	-170.5	-171.8	-78.8	-81.1	9.5	8.2
09:40	25.1	23.7	-171.4	-170.2	-171.4	-82.7	-81.9	9.3	8.3
09:45	25.3	23.4	-171.6	-170.2	-171.2	-87.4	-82.4	9.1	8.4
09:50	24.9	23.1	-171.6	-170.0	-170.9	-91.1	-82.9	8.8	8.4
09:55	24.6	22.8	-171.5	-169.8	-170.8	-93.7	-83.5	8.6	8.5
10:00	24.1	22.6	-171.3	-189.5	-170.4	-95.7	-84.2	8.4	8.4
10:05	23.7	22.3	-171.1	-169.3	-170.1	-97.1	-84.8	8.2	8.4
10:10	23.2	22.1	-170.9	-169.0	-189.8	-98.2	-85.4	8.0	8.4
10:15	22.9	21.8	-170.6	-168.7	-169.5	-98.8	-85.9	7.7	8.3
10:20	22.3	21.6	-170.3	-188.4	-169.2	-94.3	-88.4	7.5	8.1
10:25	21.1	21.4	-169.5	-167.9	-169.1	-90.8	-87.8	7.3	7.9
10:30	20.7	21.2	-169.0	-187.6	-168.9	-88.4	-88.3	7.3	7.7
10:35	20.4	21.1	-168.6	-187.4	-168.8	-88.5	-88.7	7.4	7.5
10:40	20.2	20.9	-168.3	-167.0	-188.2	-85.1	-59.0	7.4	7.3
10:45	20.0	21.0	-167.8	-168.5	-187.7	-83.8	-89.3	7.4	7.1
10:50	19.7	21.1	-167.2	-165.6	-166.8	-52.8	-89.5	7.4	7.0
10:55	19.6	21.2	-166.4	-165.2	-166.3	-82.4	-89.6	7.4	6.9
11:00	19.4	21.2	-167.2	-167.1	-187.8	-82.0	-89.8	7.4	8.7
11:05	19.3	21.2	-167.8	-181.2	-169.3	-83.0	-90.1	7.4	6.5
11:10	19.1	21.2	-178.2	-185.1	-178.7	-83.3	-91.3	7.3	6.3
11:15	19.0	21.2	-179.7	-179.1	-179.3	-83.5	-92.5	7.2	6.2
11:20	18.9	21.2	-179.2	-177.7	-178.8	-83.5	-93.4	7.1	6.0
11:25	18.8	21.2	-178.4	-176.8	-177.8	-83.4	-94.2	7.1	5.9
11:30	18.7	21.2	-177.6	-176.1	-177.2	-53.3	-94.8	7.0	5.7
11:35	18.6	21.1	-178.9	-175.5	-176.6	-83.2	-95.4	7.0	5.7
11:40	18.5	21.1	-176.3	-174.9	-178.1	-83.1	-95.9	7.0	5.7
11:45	18.3	21.1	-175.7	-174.4	-175.5	-82.9	-96.4	6.9	5.5
11:50	18.3	21.1	-175.2	-174.1	-175.1	-82.8	-96.8	6.9	5.5
11:55	18.2	21.0	-174.8	-173.6	-174.8	-84.0	-97.2	6.9	5.4
12:00	17.9	21.0	-174.4	-173.3	-174.3	-86.3	-97.8	6.8	5.3
12:05	17.8	20.8	-174.4	-173.4	-174.2	-88.3	-98.6	6.7	5.5
12:10	17.7	20.8	-174.4	-173.6	-174.1	-89.9	-99.0	6.7	5.6

Время	Газ НК	Газ ФК	МШУ-6	МШУ-18	МШУ-1.35	Крио-полость	БАО	Сферическое днище	
12:15	17.5	20.7	-174.4	-173.5	-174.1	-91.0	-99.3	6.5	5.7
12:20	17.2	20.5	-174.4	-173.5	-173.9	-91.8	-99.5	6.5	5.7
12:25	17.0	20.5	-174.3	-173.5	-173.8	-92.4	-99.9	6.4	5.8
12:30	16.8	20.4	-174.2	-173.4	-173.7	-92.6	-100.2	6.4	5.8
12:35	16.7	20.3	-174.1	-173.2	-173.8	-90.8	-100.4	6.4	5.9
12:40	16.6	20.3	-173.8	-172.7	-173.6	-89.0	-100.2	6.3	5.9
12:45	16.7	20.3	-173.4	-172.3	-173.2	-87.6	-100.0	6.3	5.7
12:50	16.8	20.2	-173.0	-171.9	-172.7	-86.5	-100.1	6.3	5.6
12:55	17.1	20.1	-172.7	-171.6	-172.4	-85.6	-100.2	6.3	5.5
13:00	17.3	20.1	-172.3	-171.2	-172.0	-84.9	-100.4	6.3	5.4
13:05	17.5	20.1	-172.0	-170.9	-171.7	-84.2	-100.5	6.3	5.2
13:10	17.6	20.2	-171.7	-170.6	-171.4	-83.7	-100.5	6.4	5.1
13:15	17.8	20.2	-171.5	-170.3	-171.2	-83.3	-100.6	6.4	5.0
13:20	18.0	20.3	-171.3	-170.1	-171.0	-83.1	-100.6	8.4	5.0
13:25	18.3	20.3	-171.1	-170.0	-170.9	-82.9	-100.7	6.4	4.9
13:30	18.5	20.4	-170.7	-169.7	-170.5	-82.8	-100.7	6.4	4.9
13:35	18.7	20.4	-171.1	-171.3	-171.8	-82.9	-100.7	6.5	4.8
13:40	18.9	20.5	-171.4	-171.0	-171.9	-83.4	-100.8	6.5	4.8
13:45	19.1	20.5	-176.3	-180.6	-176.7	-83.6	-101.3	6.5	4.7
13:50	19.3	20.7	-177.2	-176.7	-177.0	-83.7	-101.8	6.5	4.6
13:55	19.5	20.7	-176.9	-175.8	-176.5	-83.7	-102.0	6.4	4.5
14:00	19.7	20.7	-176.5	-175.2	-178.0	-83.7	-102.3	6.4	4.5
14:05	19.9	20.8	-178.0	-174.8	-175.6	-83.6	-102.5	6.3	4.4
14:10	20.1	20.8	-175.6	-174.4	-175.2	-83.5	-102.6	6.3	4.4
14:15	20.3	20.8	-175.1	-174.0	-174.9	-83.5	-102.8	6.3	4.3
14:20	20.4	20.9	-174.8	-173.7	-174.5	-83.4	-102.9	6.3	4.3
14:25	20.6	20.9	-174.5	-173.4	-174.3	-83.3	-103.0	6.3	4.3
14:30	20.7	21.0	-174.2	-173.1	-173.9	-83.2	-103.1	6.3	4.3
14:35	20.8	21.0	-173.9	-172.8	-173.7	-83.1	-103.3	6.3	4.3
14:40	20.6	21.0	-173.6	-172.5	-173.5	-83.1	-103.4	6.3	4.3
14:45	20.4	20.9	-173.3	-172.0	-173.1	-82.7	-103.5	6.1	4.3
14:50	20.1	20.8	-173.0	-171.6	-172.8	-82.3	-103.6	6.0	4.3
14:55	19.7	20.8	-172.8	-171.3	-172.4	-81.9	-103.7	5.8	4.3
15:00	19.4	20.7	-172.3	-171.0	-172.1	-81.4	-103.7	5.7	4.3
15:05	19.1	20.8	-172.0	-170.7	-171.9	-81.0	-103.8	5.6	4.2
15:10	18.9	20.7	-171.7	-170.5	-171.6	-80.6	-103.7	5.5	4.2
15:15	18.6	20.7	-171.4	-170.4	-171.4	-80.3	-103.7	5.5	4.1
15:20	18.3	20.7	-171.1	-170.2	-171.2	-79.9	-103.7	5.4	4.1
15:25	18.1	20.5	-171.0	-170.1	-171.0	-79.7	-103.8	5.4	4.0
15:30	17.9	20.5	-170.8	-169.9	-170.9	-79.5	-103.8	5.3	3.9
15:35	17.8	20.5	-170.6	-169.8	-170.8	-79.3	-103.5	5.3	3.8
15:40	17.4	20.4	-170.4	-169.7	-170.6	-79.0	-103.4	5.3	3.8
15:45	17.2	20.4	-170.3	-169.6	-170.5	-78.7	-103.4	5.2	3.7
15:50	17.1	20.3	-170.2	-169.5	-170.4	-78.7	-103.3	5.2	3.6
15:55	16.9	20.3	-170.1	-169.4	-170.2	-78.5	-103.2	5.2	3.8
16:00	16.9	20.2	-170.0	-169.2	-170.0	-79.1	-102.8	5.2	3.8

Запись диаграмм, заправки № 6, 7, 8 (30.01.04 07:45 - 16:00) График 1.



Запись диаграмм, заправки № 6, 7, 8 (30.01.04 07:45 - 16:00) График 2.



○ — Газ НК □ — Газ ФК ▲ — Сфер. дн. 1 × — Сфер. дн. 2