

**Федеральное агентство по образованию**  
—  
**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
**Кафедра радиофизики**

---

**А.В. Ипатов    И.А. Рахимов**

**УЧЕБНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПРАКТИКА  
СТУДЕНТОВ НА РАДИОАСТРОНОМИЧЕСКОЙ  
ОБСЕРВАТОРИИ «СВЕТЛОЕ» СЕТИ «КВАЗАР-КВО»**

**Учебно-методическое пособие**

**Санкт-Петербург  
Фундаментальная библиотека СПбГУ  
Отдел электронных публикаций  
2012**

Пособие соответствует вариативной части профессионального цикла основной образовательной программы дисциплин «Радиоастрономические методы и аппаратура» и «Радиоинтерферометрическая сеть "Квazar-КВО" федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки 011800 «Радиофизика». Содержит сведения о современных технических средствах радиоастрономии, знакомит с проведением радиоинтерферометрических и радиоастрономических наблюдений на обсерватории «Светлое», входящей в сеть "Квazar-КВО".

Предназначено студентам радиофизического факультета, обучающимся по направлению подготовки 011800 «Радиофизика» профиль «Фундаментальная, прикладная радиофизика и радиоастрономия» и по направлению подготовки 223200 «Техническая физика» квалификация «магистр» и «бакалавр».

**ОГЛАВЛЕНИЕ**

<b>ВВЕДЕНИЕ .....</b>	<b>4</b>
<b>РАЗДЕЛ 1. ЭКСПЛУАТАЦИЯ АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ РАДИОИНТЕРФЕРОМЕТРИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА "КВАЗАР-КВО .....</b>	<b>5</b>
1. Управление устройствами приемной системы с помощью цифровой системы управления G-3 .....	5
2. Эксплуатация блока ПРМ .....	9
3. Микрокриогенные системы радиотелескопа РТФ-32 .....	22
4. Работа с аппаратурой Mark5B в обсерватории «Светлое» .....	26
<b>РАЗДЕЛ 2. МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ РАДИОИНТЕРФЕРОМЕТРИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА.....</b>	<b>32</b>
1. Регистрация узкополосного космического радиоизлучения P3902 .....	32
2. Методика оперативного измерения чувствительности, шумовой температуры системы, КИП и SEFD.....	45
3. Методика выполнения измерений характеристик системы частотно-временной синхронизации .....	47
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....</b>	<b>49</b>

## ВВЕДЕНИЕ

Радиоастрономия занимается исследованием свойств и параметров радиоизлучения космических источников. За семь с лишним десятилетий, прошедших с первого обнаружения К.Г. Янским радиоизлучения космического происхождения, методы радиоастрономии получили широкое развитие. В настоящее время они стали одним из основных при проведении фундаментальных исследований (астрофизических, астрометрических, геодезических) и в решении прикладных проблем (координатно-временного обеспечения, предсказания землетрясений, навигации в дальнем космосе и др.). Количество радиотелескопов в нашей стране и за рубежом постоянно увеличивается. Расширяется круг фундаментальных и прикладных задач, решаемых радиоастрономическими методами, повышаются требования к достоверности и точности данных, получаемых в результате наблюдений, и, соответственно, к чувствительности, точности, разрешающей способности и степени автоматизации радиоастрономической аппаратуры. Все это требует непрерывного совершенствования инструментальной базы радиоастрономии и привлечения большого числа инженеров радиофизического профиля в радиоастрономическое приборостроение.

Данное пособие рассчитано на студентов радиофизических и радиотехнических факультетов, готовящих специалистов в области разработки и применения радиоастрономического оборудования. В нем рассматриваются методы и радиоэлектронная аппаратура приема и регистрации радиосигналов космического происхождения на радиотелескопах нового поколения радиоинтерферометрической сети "Квazar-КВО". Эти материалы охватывают часть дисциплин «Радиоастрономические методы и аппаратура» и «Радиоинтерферометрическая сеть "Квazar-КВО" федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки 011800 «Радиофизика» и 223200 «Техническая физика» квалификация «магистр» и «бакалавр».

## РАЗДЕЛ 1. ЭКСПЛУАТАЦИЯ АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ РАДИОИНТЕРФЕРОМЕТРИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА "КВАЗАР-КВО"

### 1. Управление устройствами приемной системы с помощью цифровой системы управления G-3

#### Состав системы, функции и расположение блоков.

1. **Центральный компьютер управления.** На центральном компьютере управления запускается программа интерфейса с системой управления G-3. Программа запускается через меню "Пуск" – "Приемники/Гет/ГПИ". С ее помощью можно управлять 10ю приемниками и блоком управления гетеродином и ГПИ 13/3,5.
2. **Трансивер.** Трансивер осуществляет преобразование интерфейсов. Он расположен вблизи центрального компьютера управления. На корпусе трансивера имеются индикаторы "Tx" – передача информации, "Rx" – прием информации, "Transceiver" – питание трансивера и "Supervisor" – питание блока включения. Нормальное состояние – зеленые индикаторы питания горят, красные индикаторы информации – мигают. На трансивере также расположена кнопка дистанционного сброса блока включения. Она расположена внутри корпуса под отверстием. Нажимать длинным тонким предметом – скрепкой, проволокой.
3. **Блок включения.** Блок включения осуществляет дистанционное включение питания приемников и обмен информацией с устройствами в НЗК. Он расположен наверху стойки 6/1,35. На корпусе блока включения имеются следующие индикаторы: десять зеленых индикаторов включения приемников (дублируют символы "\*" в программе управления), три группы, состоящие из индикаторов "Tx", "Rx" и "DE". Значение индикаторов "Tx" и "Rx" – такое же как и у трансивера. Индикатор "DE" – передатчик RS-485 активен. Группы соответствуют входному повторителю "in", управляющему микроконтроллеру "MC" и выходному повторителю "out". Кроме того имеются два индикатора питания +5 и +12 - +5В и +12В соответственно. Нормальное состояние – индикаторы питания горят, индикаторы включенных приемников соответствуют символам "\*" в программе управления, индикаторы передачи информации мигают.
4. **Блоки связи.** Расположены в стойках приемников. Индикаторы БП-133М: желтый – "подана сеть" (включен БСК), зеленый – "включен". Индикаторы БП-134М: красный – "авария", зеленый – "работа", индикаторы не горят – выключен или авария. Индикаторы главной платы БС расположены под крышкой. Два красных индикатора в верхней части – "Tx" и "Rx". Зеленый индикатор внизу – питание платы, зеленый индикатор в глубине блока – "DE". На задней панели расположены два

переключателя: "Сеть" и "Местн./Дист.". Переключатель "Сеть" обесточивает БС, нормальное положение "Вкл." (вверх). Нормальное положение переключателя "Местн./Дист." – "Дист." (вниз). С помощью переключателя "Местн./Дист." Можно включить БС вручную. Для этого надо перевести переключатель в положение "Местн.", дождаться включения БС и затем перевести переключатель в положение "Дист.". При нормальной работе горят оба индикатора БП-133М, зеленый индикатор БП-134М, индикатор питания главной платы, индикатор "Rx" мигает, индикаторы "Tx" и "DE" мигают одновременно при опросе данного БС (в системе 12 устройств – 10 БС, БВ и блок управления Гет/ГПИ. Каждое мигание "Rx" – это опрос устройства. Устройства опрашиваются циклически, друг за другом. Следовательно индикаторы "Tx" и "DE" будут мигать один раз на 12 миганий индикатора "Rx" на каждом устройстве)

- Блоки питания. Расположены в стойках приемников. Индикаторы БП-136М: красный – "авария", зеленый – "работа", индикаторы не горят – выключен или авария. Индикаторы БП-137М: красный – "авария", зеленый – "работа", индикаторы не горят – выключен или авария. На задней панели БП расположен тумблер "Сеть" нормальное положение "Вкл." (вверх) и два предохранителя вентиляторов БПТ и БГШ.

#### Подготовка к работе

- Включить центральный компьютер управления.
- Включить трансивер.
- Включить блок включения.

#### Завершение работы

- Выключить блок включения
- Выключить трансивер.
- Выключить центральный компьютер управления.

#### Работа с программой управления

Окно разделено на две части. Левая отвечает за выбор приемника. Активный приемник подсвечивается черным курсором. Если приемник включен, справа от его названия показывается черный квадрат. Символ "\*" указывает на то, что БВ выдает сигнал включения на данный приемник. Символы "?" указывают на то что нет обмена данными с БВ.

Правая часть окна – экран приемника. Здесь показывается состояние элементов приемника: ГШ компенсации, ГШ калибровки, модулятора, фазы ГШ1/ГШ1, Атенюатора ГШ компенсации, температуры ТС, TX1 и TX2, состояние термобатарей и аварии модулей питания. В правом верхнем углу – область команд. Перемещение стрелками, выбор – Enter.

Ниже располагается область управления гетеродином и ГПИ (доступно только для приемников 13/3,5). Области управления и индикации устроены по тому же принципу что и для приемников.

#### Возможные неисправности и способы их устранения

Признак	Неисправность	Способы устранения
---------	---------------	--------------------

Не горит индикатор "Supervisor" на трансивере	Нет питания блока включения, не горят индикаторы +5 и +12	Проверить наличие питания на розетке БВ, проверить предохранители БВ, при необходимости заменить (2А)
	Питание БВ есть, индикаторы +5 и +12 горят	Не подключен кабель шины данных (кабель БДУ с удлинителями) или обрыв в кабеле
Нет связи с БВ, в программе управления символы "?". Связь с другими устройствами есть. (Включить БСК 13/3,5. Включить любой БС 13/3,5 вручную. Должна быть связь с этим БС и блоком управления гетеродином и ГПИ)	Завис микроконтроллер БВ.	Воспользоваться дистанционным сбросом БВ на трансивере или выключить и включить тумблер "Сеть" на БВ. Включение производить через несколько минут после выключения!!!
Периодически информация о состоянии приемников или БВ пропадает. Символы "*" заменяются на "?".	Обрыв в кабеле шины данных (кабель БДУ с удлинителями). Иногда обрыв проявляется только при движении антенны.	Заменить кабель шины данных. В операторской концы под полом, левее стойки если смотреть от стола оператора. Удлинитель – светло-серый провод с блочным разъемом на 19 штырей, две зеленых стяжки. В НЗК кабели собраны под полом НЗК, справа от лестницы. Удлинитель – желтый провод с блочным разъемом на 19 штырей, красная и желтая стяжки.
Индикаторы БП-133М не светятся	Нет питающего напряжения на БС	Проверить питающее напряжение. Проверить работу БСК.
	Сгорел предохранитель 3,15А на БП-133М	Заменить предохранитель.
Индикаторы БП-134М не светятся.	Сгорел предохранитель.	Заменить предохранитель 2А!!!

В программе управления показывается авария БП-133М, нет сигнала СВЧ	Нет питания криоблока, вышел из строя источник питания криоблока +9/-6В.	Проверить предохранители 0,5А на БП-133М. При необходимости заменить. Перед установкой отключить криоблок и проверить номиналы напряжений. Если номиналы неверные заменить БП-133М.
В программе управления для приемника показывается черный квадрат, но отсутствует "*"	Приемник включился самопроизвольно.	Выключить приемник командой "Выкл." Если не выключается – при необходимости выключить приемник тумблером "Сеть", о чем обязательно сделать запись в журнале.
	Переключатель "Местн./Дист." На БС в положении "Местн."	Перевести переключатель "Местн./Дист." В положение "Дист.". Выключить приемник командой "Выкл."
В программе управления для приемника показывается символ "*", но нет черного квадрата	Нет питания БС.	Проверить сеть, БСК, предохранители БП-133М и БП-134М, положение тумблера "Сеть" БС.
	Не работает система дистанционного включения питания БС.	Проверить кабель БС-БВ. При необходимости – включить БС вручную тумблером "Местн./Дист."
В программе управления показывается авария БП-109 (ТБ БГШ) и/или БП-109 (ТБ БПТ)	Неисправны оба или один из БП-109.	Проверить предохранители БП-109. Заменить неисправные БП-109.
В программе управления показывается авария БП-136, нет СВЧ сигнала	Неисправен БП-136 / БП-136М	Проверить предохранители БП-136 / БП-136М. Заменить неисправный БП-136 / БП-136М.
В программе управления	Неисправен БП-137 /	Проверить

показывается авария БП-137, нет СВЧ сигнала	БП-137М	предохранители БП-137 / БП-137М. Заменить неисправный БП-137 / БП-137М.
---	---------	---

## 2. Эксплуатация блока ПРМ

### 1. Назначение аппаратуры.

Блок Программируемого Радиометрического Модуля в составе радиометра радиотелескопа предназначен для проведения радиометрических измерений и регистрации результатов на программно-аппаратном комплексе Mark IV FS или на компьютере, входящем в состав блока ПРМ-2.

### 2. Состав аппаратуры.

ПРМ-2 состоит из моноблока, компьютера класса Pentium-II с установленным программным обеспечением и платой ввода аналоговой информации ЛА-2М2 (АЦП), блоком бесперебойного электропитания типа ↔UPS Smart APC 700 VA≈ и комплекта кабелей.

### 3. Основные характеристики.

ПРМ-2 работает в модуляционном режиме (**основной режим работы**) и в режиме детекторного (**вспомогательный режим работы**) приема. Чувствительность модуляционного режима на два порядка выше детекторного режима. Все управление согласовано с ↔Mark IV FS≈. Имеется канал контроля сигналов, поступающих в модуляционный канал от РПУ (с выходом на осциллограф).

- Диапазон входных частот 100 – 1000 МГц
- Шумовая температура по входу (при затухании аттенюатора ПЧ тракта  $A_{ПЧ} = 0$  дБ) 7600 °К
- Аттенюатор широкополосного ПЧ-тракта (для модуляционного и детекторного режимов) 0 – 22 дБ с шагом 2 дБ
- Аттенюатор НЧ узкополосного тракта (расширение шкалы) 1; 2; 4; 8; 16; 64; 256 раз
- Разрядность АЦП 11 + разряд знака
- Диапазон входных напряжений АЦП -5 В – +5 В

- |                                |         |   |
|--------------------------------|---------|---|
| • Частоты модуляции            | канал А | 1012 (980) Гц   |
|                                | канал В | 964 (936) Гц  |
|                                | канал С | 912 (888) Гц  |
|                                | канал Д | 846 (836) Гц  |
| • Модулирующий сигнал (на РПУ) |         | меандр, лог $\leftrightarrow 1 \approx$ или $\leftrightarrow 0 \approx$ |
| • Время интегрирования         |         | 0,1; 0,4; 1; 4 сек  |

В модуляционном режиме работы ПРМ-2 среднеквадратическое (СКО) значение  $V_{\text{СОБ.}}$  выходного напряжения, создаваемого собственными шумами и помехами от внутренних и других источников (при включении на входе ПЧ-тракта  $R_{\text{Н}} = 50 \text{ Ом}$ ), при максимальном усилении сигнала в НЧ узкополосном тракте (ослабление  $A_{\text{УТ}} = 0 \text{ дБ}$ ) составляет  $V_{\text{СОБ.}} = 2,0 - 2,5 \text{ мВ}$ .

Динамический диапазон в модуляционном режиме работы ПРМ-2 определяется как  $D = 10 \times \log(U_{\text{АЦП}} / V_{\text{Ш.МИН.}})$ , где  $U_{\text{АЦП}} = 5 \text{ В}$  – уровень ограничения АЦП,  $V_{\text{Ш.МИН.}}$  – минимально допустимое среднеквадратическое значение выходного шума, создаваемого приемной системой (без исследуемого сигнала и выключенном генераторе калибровки при полной компенсации шумов неба). Величина  $V_{\text{Ш.МИН.}}$  в модуляционном режиме работы радиометра определяет соотношение  $\leftrightarrow \text{сигнал} \approx / \leftrightarrow \text{собственный шум ПРМ} \approx$  на входе квадратичного детектора, а это дает возможность оценить при измерении СКО шумового сигнала величину ошибки, вносимой собственными шумами ПРМ.

Значение  $V_{\text{Ш.МИН.}} \gg V_{\text{СОБ.}}$  устанавливается аттенуатором ПЧ широкополосного тракта и, как правило,  $V_{\text{Ш.МИН.}} \geq (10 \dots 20) V_{\text{СОБ.}}$  (при этом ошибки, вносимые собственными шумами ПРМ не более 0,5%), после чего состояние этого аттенуатора не меняется и при измерениях в модуляционном режиме используют только аттенуатор НЧ узкополосного тракта.

При  $V_{\text{Ш.МИН.}} \approx 20 \text{ мВ}$  (отношение  $V_{\text{Ш.МИН.}} / V_{\text{СОБ.}} = 10$ ) динамический диапазон ПРМ-2 по модулированному сигналу  $D = 24 \text{ дБ}$  (при  $A_{\text{УТ}} = 1$  и, соответственно, максимальной чувствительности радиометра).

Зависимость выходного напряжения от мощности (или шумовой температуры  $T_{\text{С}}$ ) сигнала, создаваемого исследуемым сигналом или модулированным генератором шума в пределах динамического диапазона практически линейная.

Выходное отношение сигнал/шум (при измерении чувствительности или наблюдении источника) определяется как  $\gamma = (A_{\text{УТ1}} \times U_1 - U_0) / V_{\text{Ш}}$ , где  $U_1$  и  $U_0$  – средние значения выходного напряжения при включении и выключении калиброванного генератора шума (или на источнике и вне его),  $V_{\text{Ш}}$  – среднеквадратическое (СКО) значение выходного напряжения при выключенной калибровке (вне источника),  $A_{\text{УТ}}$  – величина затухания аттенуатора НЧ тракта в «разах», (рекомендуется  $U_0$  и  $V_{\text{Ш}}$  измерять при  $A_{\text{УТ}} = 1$ , а при измерении  $U_1$  ослабление  $A_{\text{УТ1}}$  подобрать так, чтобы величина «ступеньки» при включённом генераторе калибровки составляла  $\approx 2/3$  от вертикальной шкалы экрана дисплея).

В режиме детекторного приёма динамический диапазон канала не менее 30 дБ, но отношение сигнал/шум  $\gamma$  в 5 – 10 раз меньше, чем в модуляционном режиме.

#### 4. Меры безопасности

**4.1. Все работы с ПРМ-2 должны производиться только после подключения его к шине заземления.**

4.2. Механические работы с ПРМ-2, смена кабелей и электрорадиоэлементов должны производиться только после механического отключения его от источника электропитания (от сети 220 В).

4.3. При замеченных неисправностях в работе ПРМ-2 (особенно при появлении дыма, запаха или звуков, несвойственных обычному режиму работы ПРМ-2) **следует немедленно выключить электропитание и механически отключить ПРМ-2 от сети переменного тока напряжением 220 В.**

4.4. В процессе работы с ПРМ-2 необходимо следить за чистотой поверхностей блоков, очищать их от пыли и грязи во избежание перегрева блоков и короткого замыкания.

#### 5. Порядок установки

ПРМ-2 должен эксплуатироваться в стационарном отапливаемом помещении при:

- температуре окружающей среды от 283 до 298 К (от +10 до +25<sup>0</sup>С) и

относительной влажности (65 ± 15)% (рекомендуется использовать в помещении кондиционер);

- атмосферном давлении от 96 до 104 кПа(750 ± 30 мм рт. ст.)

Установка ПРМ-2 на месте эксплуатации, соединение блоков ПРМ-2 между собой и с другими устройствами производится в соответствии со схемой, указанными на рис. 1.

#### 6. Подготовка к работе

6.1. Ознакомиться с инструкцией по эксплуатации на ПРМ-2.

6.2. Установить тумблеры включения электропитания на всех блоках в положение «Выкл.».

**6.3. Соединить клеммы заземления на блоках ПРМ-2 с шиной заземления.**

6.4. Проверить внешним осмотром механическую исправность всех блоков, подключить все кабели, согласно схеме рис.1.

6.5. Подключить сетевой кабель блока UPS ПРМ-2 (механически) к сети электропитания 220В 50 Гц.

## 7. Порядок работы

Включить блок электропитания UPS (нажать кнопку на его передней панели, дождаться прохождения теста контроля – см. инструкцию по эксплуатации UPS)), установить на передней панели блока ПРМ-2 тумблер электропитания в положение «|», установить на передних панелях измерительных каналов блока тумблер электропитания в положение «•», после чего должны:

- засветиться красным цветом индикатор, установленный на передней панели блока управления;
- засветиться зелёным цветом индикаторы, установленные на передних панелях измерительных каналов.

Включить ПЭВМ.

Дождаться установки на экране дисплея интерфейсного окна «Win-98».

ПРМ-2 имеет два режима работы:

- **основной** (управление от Mark IV FS)
- **дополнительный** (управление от компьютера, входящего в состав ПРМ-2).

7.1. Для включения **основного** режима работы ПРМ-2 необходимо:

- включить программу «ЦВУР» на компьютере «Mark IV FS» в соответствии с его инструкцией по эксплуатации
- на компьютере ПРМ-2 запустить программу «ЛА2 для FS», установить «клик» в появившемся интерфейсном окне для инициализации COM порта (при этом автоматически запустятся программы управления платой АЦП ЛА2 и управления ПРМ-2 по COM порту, инициализируется связь компьютера ПРМ-2 с компьютером «Mark IV FS» по локальной сети).

**Во время работы программы «ЛА2 для FS» запрещается на компьютере ПРМ-2 запускать другие программы.**

7.1.1. Работа в **модуляционном режиме** радиометра:

- Включить РПУ в модуляционный режим в соответствии с его инструкцией по эксплуатации
- на компьютере «Mark IV FS» в соответствии с его инструкцией по эксплуатации в интерфейсном окне «ЦВУР» выполнить следующие действия:
  1. установить режим ПРМ-2 – «модуляционный»
  2. включить радиоканал ПРМ-2 на приём сигналов (отключить  $R_H = 50 \text{ Ом}$  на входе ПРМ-2)

3. аттенюатор ПЧ тракта установить  $A_{ПЧ} = 18$  дБ, провести полную компенсацию шумов неба, изменяя уровень мощности генератора (ГШ1) опорного шума РПУ (по экрану осциллографа можно контролировать процесс компенсации). В результате компенсации необходимо добиться того, чтобы среднее значение шумовой дорожки на экране компьютера «Mark IV FS» находилось на «нулевой» линии ( $\pm 0,2$  по экрану).
4. установить режим ПРМ-2 – «детекторный», изменяя величину ослабления аттенюатора ПЧ тракта ПРМ-2 установить значение выходного сигнала ПРМ-2  $U_{ВЫХ} \cong 0,8$  ( $\pm 0,1$ ).
5. установить режим ПРМ-2 – «модуляционный», время накопления «0,1 сек.», ослабление аттенюатора НЧ тракта (расширение шкалы) ПРМ-2  $A_{НЧ} = 1$ . Измерить среднеквадратическое отклонение СКО выходного сигнала – оно должно быть не менее  $SКО \geq 0,4$ . Это гарантирует отношение  $U_{Ш Вых РПУ} / U_{Ш Соб ПРМ-2} > 10$  и, соответственно, ошибки, вносимые ПРМ-2 в измерения СКО шума РПУ менее 1 %.
6. навести антенну на источник, начать измерения. **При измерениях в модуляционном режиме состояние аттенюатора ПЧ тракта не изменять, использовать только аттенюатор НЧ узкополосного тракта.**

#### 7.1.2. Работа в детекторном режиме радиометра

- Включит РПУ в немодулированный режим работы в соответствии с его инструкцией по эксплуатации (выключить ГШ1 и ГШ2, модулятор открыть)
- на компьютере «Mark IV FS» в соответствии с его инструкцией по эксплуатации в интерфейсном окне «ЦВУР» выполнить следующие действия:
  1. установить режим ПРМ-2 – «детекторный»
  2. включить радиоканал ПРМ-2 на приём сигналов (отключить  $R_H = 50$  Ом на входе ПРМ-2)
  3. аттенюатор ПЧ тракта ПРМ-2 установить  $A_{ПЧ} = 10$  дБ, выполнить наведение антенны на источник, зафиксировать максимум сигнала (по экрану «Mark IV FS») и используя аттенюатор ВЧ тракта, установить уровень выходного сигнала ПРМ-2  $U_{ВЫХ} \approx 90 - 95$ .
  4. Начать наблюдения (при наблюдении слабых источников (0,5 – 1 Ян) это обеспечит максимально возможную чувствительность радиометра в детекторном режиме, при работе по сильным источникам (100 – 300 Ян и более), например, при измерении диаграммы направленности антенны, указанная настройка ПРМ-2 позволит провести измерения в динамическом диапазоне  $D \approx (25 - 30)$  дБ).

7.2. Для включения **дополнительного режима** работы ПРМ-2 (управление от компьютера, входящего в состав ПРМ-2) необходимо выполнить следующее:

- на компьютере ПРМ-2 запустить программу «ЛА2», на дисплее должно появиться интерфейсное окно, показанное на рис. 2.
- активировать окно «СОМ-порт», затем окно «Инициализировать», появиться окно «Выбор СОМ-порта» (рис. 3). Поставить «клик» на «СОМ 2», нажать «ОК» (обычно на компьютерах на «СОМ 1» включена «Мышь», а «СОМ 2» используется для подключения внешних устройств), появиться окно «Состояние связи», показанное на рис. 4, нажать «ОК». ПРМ-2 готов к работе.

### 7.2.1. Работа в **модуляционном режиме** радиометра

- Включить РПУ в модуляционный режим в соответствии с его инструкцией по эксплуатации
- установить в левом верхнем окне (рис. 2) «Режим радиометрии» – «модуляционный», на рабочем поле экрана начнёт прорисовываться слева направо (по осевой линии) рисунок шумовой дорожки, а в левом нижнем углу появиться в окне имя файла: « \*.prn». Имя файла – это время (машинное): «час\_мин», когда был включён режим «модуляционный».
- установить в левом нижнем окне «Режим просмотра» (рис. 2) – «мод. каналы», время накопления «0,1 сек.», ослабление аттенюатора НЧ (расширение шкалы) тракта ПРМ-2  $A_{НЧ} = 1$ . Измерить среднеквадратическое отклонение СКО выходного сигнала при отключенном входе (в окошке «Отключение входа» стоит «клик») – оно должно быть не более  $СКО \leq 2,5$  мВ. Это гарантирует отношение  $U_{Ш\text{ вых РПУ}} / U_{Ш\text{ соб ПРМ-2}} > 10$  и, соответственно, ошибки, вносимые ПРМ-2 в измерения СКО шума РПУ менее 1 %.
- включить радиоканал ПРМ-2 на приём сигналов (отключить  $R_H = 50$  Ом на входе ПРМ-2) – снять «клик» в окошке «Отключение входа»
- аттенюатором ПЧ-тракта выставить ширину шумовой дорожки 25 – 50 мВ
- включить модуляцию на РПУ (поставить «клик» в окошке «Мод.»)
- выключить на выбранном для работы РПУ генератор калибровки ГШ2, провести полную компенсацию шумов неба, изменяя уровень мощности генератора опорного шума РПУ (ГШ1) и контролируя процесс компенсации по экрану осциллографа (разъем «Контроль» на передней панели блока). В результате компенсации необходимо добиться того, чтобы среднее значение шумовой дорожки на экране компьютера находилось на «нулевой» линии ( $\pm 10$  мВ по экрану монитора).
- навести антенну на источник, начать измерения. **При измерениях в модуляционном режиме состояние аттенюатора ПЧ тракта не**

**изменять, использовать только аттенюатор НЧ узкополосного тракта (расширение шкалы).**

7.2.2. Работа в детекторном режиме радиометра

- Включит РПУ в немодулированный режим работы в соответствии с его инструкцией по эксплуатации (выключить ГШ1, ГШ2, модулятор – открыть)
  - установить в левом верхнем окне (рис. 2) «Режим радиометрии» – «компенсационный», в левом нижнем окне – «дет. канал», на рабочем поле экрана начнёт прорисовываться слева направо (по осевой линии) рисунок шумовой дорожки, а в левом нижнем углу появиться в окне имя файла: « \*.prtm». Имя файла – это время (машинное): «час\_мин», когда был включён режим «компенсационный».
  - включить радиоканал ПРМ-2 на приём сигналов (отключить  $R_H = 50$  Ом на входе ПРМ-2)
  - аттенюатор ПЧ тракта ПРМ-2 установить  $A_{ПЧ} = 10$  дБ, выполнить наведение антенны на источник, зафиксировать максимум сигнала (по экрану дисплея) и используя аттенюатор ПЧ тракта, установить уровень выходного сигнала ПРМ-2  $U_{ВЫХ} \approx 4,0 - 4,8$  В.
  - начать наблюдения (при наблюдении слабых источников (0,5 – 1 Ян) это обеспечит максимально возможную чувствительность радиометра в детекторном режиме, при работе по сильным источникам (100 – 300 Ян и более), например, при измерении диаграммы направленности антенны, указанная настройка ПРМ-2 позволит провести измерения в динамическом диапазоне  $D \approx (25 - 30)$  дБ).

8. Возможные неисправности и методы их устранения

Все неисправности ПРМ-2 можно условно разделить на две группы:

- ПЭВМ, входящая в состав ПРМ-2, не может установить связь с блоком управления или с локальной сетью (о чём сообщает система «W-98»),
- ПЭВМ работает нормально, но информация от радиоканала не поступает.

- В первом случае необходимо проверить правильность соединения всех кабелей

(согласно рис. 1) и установки соединений в «W-98» по сети и по RS-232 .

- Во втором случае необходимо проверить правильность соединения всех кабелей (согласно рис. 1) и установки соединений в «W-98» по

сети и по RS-232, если всё соединено правильно – обратиться в ЛПРС ИПА РАН (тел. 235-33-16).

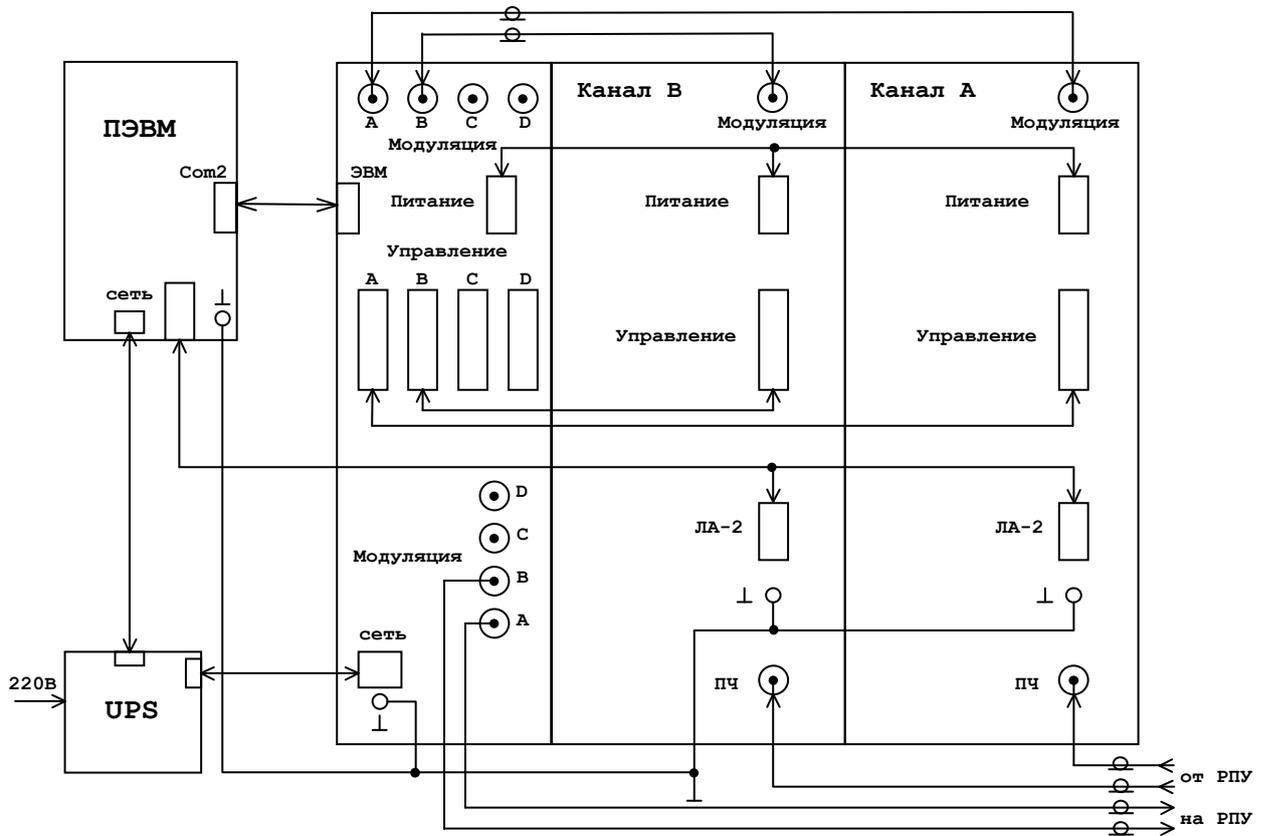


Рис. 1

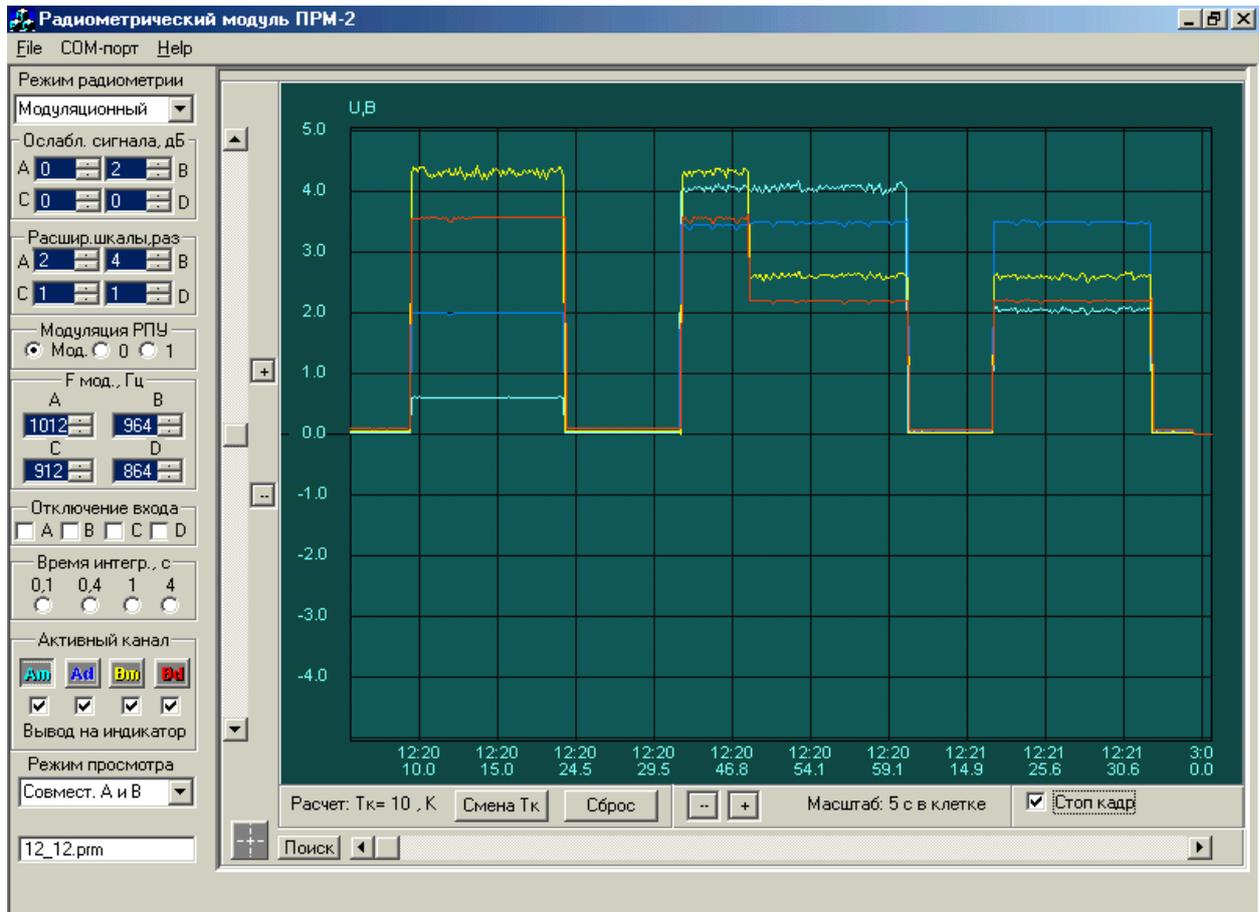


Рис. 2

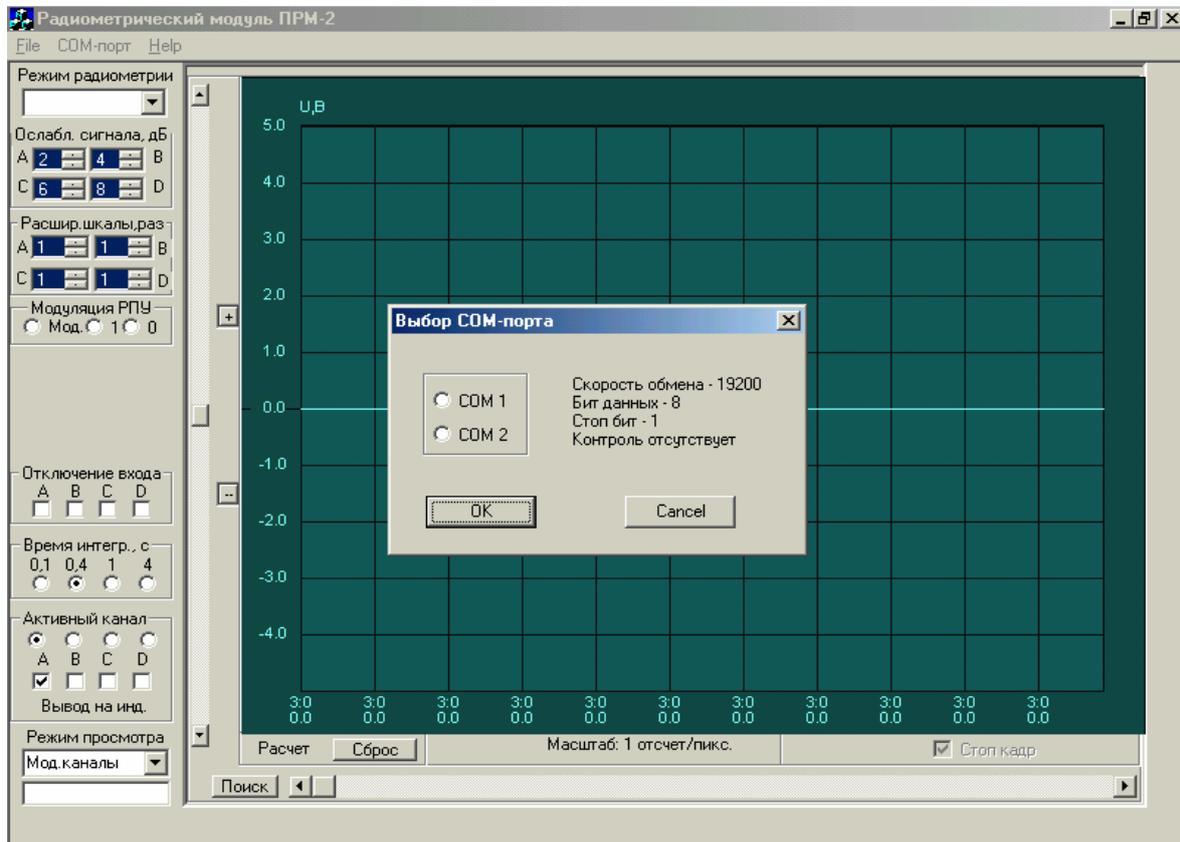


Рис. 3

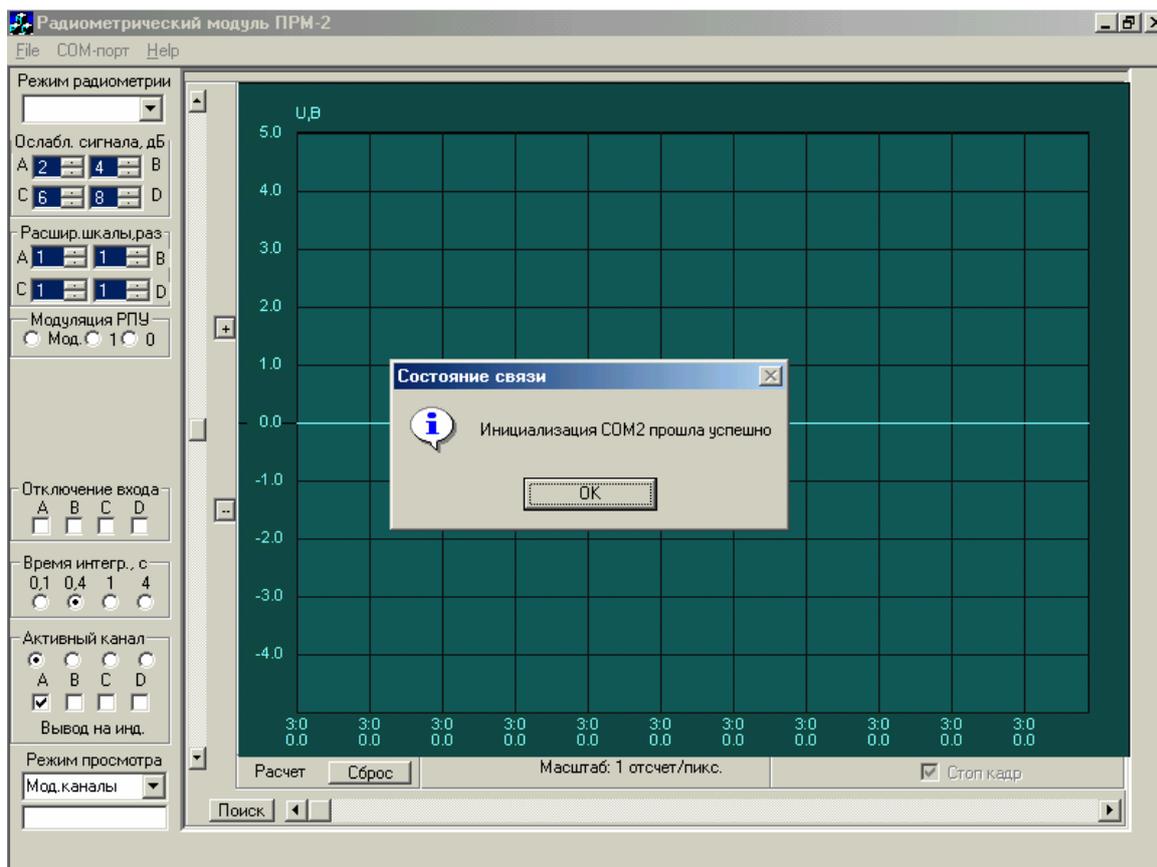


Рис. 4

## 9. Органы управления ПРМ-2 в дополнительном режиме (от программы ЛА2).

- В левом верхнем углу интерфейсного окна расположены команды управления программой «ЛА2» (рис. 2-а, рис. 2-в).

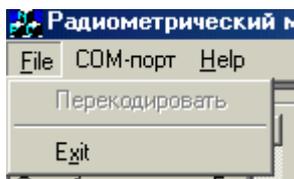


Рис. 2-а

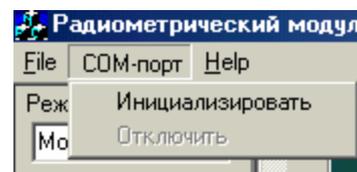


Рис. 2-в

Команда «File» – «Exit» завершает работу программы «ЛА2» (рис. 2-а).

Команда «File – Перекодировать» производит перекодировку записанных с АЦП ЛА2 данных в формат, принимаемый программой «Excel». Перекодировка данных осуществляется только для файлов, загруженных в программу «ЛА2» по команде «Просмотр» (см. ниже пояснения к рис. 2-с).

Команда «Инициализировать» запускает процесс инициализации СОМ- порта (рис. 2-в).

- Сверху вниз далее расположены интерфейсные окна управления режимами работы ПРМ-2:

1. рис. 2-с – выбор режима – модуляционный, детекторный (компенсационный) и просмотр ранее записанных файлов.
2. рис. 2-d – управление аттенюатором ПЧ тракта в дБ.

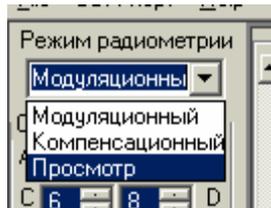


Рис. 2-с



Рис. 2-d

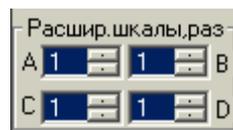


Рис. 2-e



Рис. 2-f

3. Рис. 2-e – управление аттенюатором НЧ тракта (в разгах).
4. Рис. 2-f – управление видом модулирующего сигнала, подаваемого на РПУ (меандр, лог «0» или «1»).

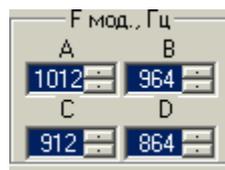


Рис. 2-g



Рис. 2-i

5. Рис. 2-g – управление частотой модулирующего сигнала (для канала А – 1012 и 980 Гц для канала В – 964 и 936 Гц для канала С – 912 и 888 Гц для канала D – 846 и 836 Гц).
6. Рис. 2-i – управление включением  $R_n = 50 \text{ Ом}$  на входе ПЧ канала (для включения необходимо в квадрате поставить метку – «клик», для выключения – убрать её – второй раз сделать «клик»).

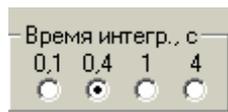


Рис. 2-j

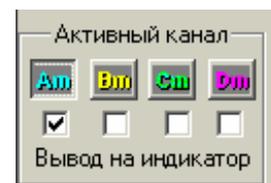


Рис. 2-k

7. Рис. 2-j – управление постоянной времени интегрирования (цифровое накопление и усреднение).
8. Рис. 2-k – управление выводом на монитор графиков выходного сигнала ПРМ-2. В квадратном окне – вывод самого графика, в цветном окне – включение на выбранном канале изменения масштаба по вертикальной шкале и режима вычисления среднего значения (МО) и СКО шумового сигнала (границы устанавливаются нажатием левой и правой кнопки «мыши», режим вычисления работает только при «стоп - кадре»).



Рис. 2-l

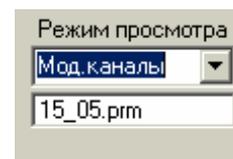


Рис. 2-m

9. Рис. 2-l – управление режимом просмотра каналов (одновременно можно вывести на экран четыре графика данных АЦП платы ЛА2).
10. Рис. 2-m – в нижнем окне выводиться имя файла, куда записываются данные с АЦП одновременно для всех каналов. Формат данных – машинный код, для перекодировки необходимо этот файл в режиме «просмотр» (Рис. 2-с) загрузить в программу «ЛА2» и перекодировать (Рис. 2-а).

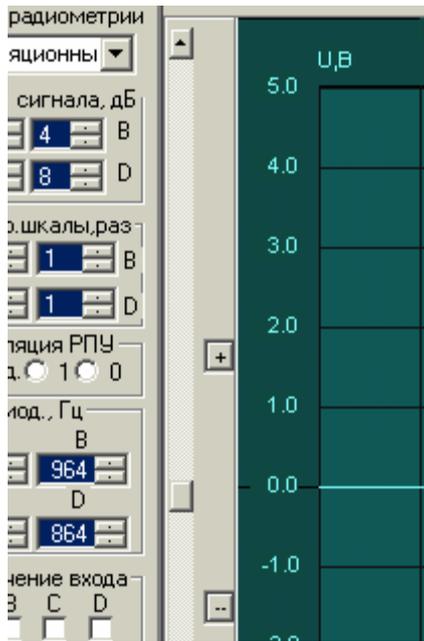


Рис. 2-п

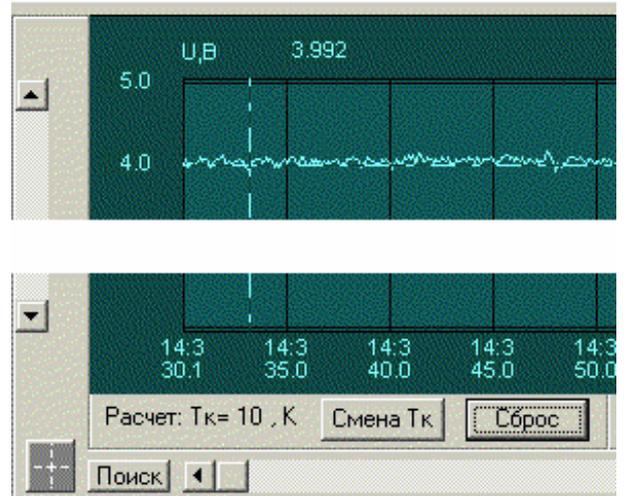


Рис. 2-о

11. Рис. 2-п – управление масштабom по вертикальной шкале.

12. Рис. 2-о – кнопка « $\frac{\text{H}}{\text{H}}$ » – выведение на экран и снятия с экрана вертикального и горизонтального маркера (значение  $U_{\text{СИГН}}$  выводится в верхней части экрана). Кнопка «Поиск» – при изменении масштаба по вертикальной шкале вывод линии графика на середину. Кнопка «Сброс» – стирание с экрана результатов проведённых расчётов. Кнопки « $\leftarrow$ » « $\rightarrow$ » – сдвиг изображения по горизонтальной шкале. Кнопки « $\frac{\text{H}}{\text{H}}$ » « $\leftarrow$ » « $\rightarrow$ » активизируются при «стоп - кадре». Кнопка «Смена  $T_K$ » – временно не задействована.

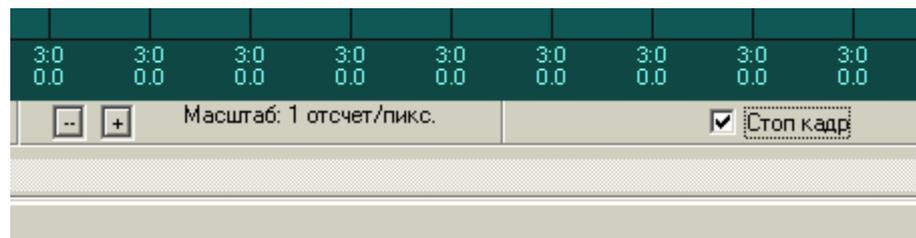


Рис. 2-р

13. Рис. 2-р – включение режима «стоп – кадр» (поставить метку - «клик» в квадрат) и, при включённом «стоп – кадре», кнопками «+» и «-» изменение масштаба вывода изображения по горизонтальной шкале (количество точек вывода на единицу масштабной сетки).

### 3. Микрокриогенные системы радиотелескопа РТФ-32

#### 1. Назначение, состав и расположение.

Микрокриогенная система радиотелескопа РТФ-32 предназначена для охлаждения криостата приемной аппаратуры радиотелескопа.

Микрокриогенная система состоит из двух микроохладителей, газораспределительного устройства, устройства соединительного, компрессорной установки, соединенных между собой трубопроводами, наполненными газообразным гелием, и панели управления, состоящей из двух блоков.

Компрессора и панели управления микрокриогенной системы находятся в компрессорной кабине, а микроохладители расположены в надзеркальной кабине.

#### 2. Подготовка к запуску. Вакуумирование криоблока.

2.1. Подсоединить трубу вакуумную вакуумного насоса к криоблоку.

2.2. Убедиться в том, что вакуумный вентиль криоблока перекрыт, в противном случае перекрыть вентиль, вращая его рукоятку по часовой стрелке до упора.

2.3. Подсоединить датчик вакуума к разъему криоблока.

2.4. Включить блок питания датчиков вакуума.

2.5. Убедиться в том, что нужный канал работает (не горит лампа “отказ канала”).

2.6. Включить вакуумный насос и убедиться в том, что двигатель вращается по часовой стрелке.

2.7. Открыть вентиль криоблока, плавно вращая рукоятку против часовой стрелки до упора минус один оборот.

2.8. Проверить функционирование вакуумного насоса, контролируя показания по табло на передней панели блока питания датчиков вакуума. Вакуумный насос функционирует, если показания на табло блока питания датчиков вакуума уменьшаются.

2.9. Контролировать показания вакуума по табло блока питания датчиков вакуума (или по стрелочному прибору ВЭМБ). При давлении в криоблоке  $6.7 \times 10^0$  Па приступить к включению соответствующей МКС, подав первичное напряжение с распределительного щита электропитания.

2.10. При работающей МКС контролировать уровень вакуума в криоблоке.

2.11. При давлении в криоблоке  $1 \times 10^{-1}$  Па перекрыть вентиль блока криоблока, вращая его по часовой стрелке до упора.

2.12. Контролировать давление, перейдя на другую шкалу блока питания датчиков вакуума, одновременным нажатием обеих кнопок.

2.13. Если показания блока питания датчиков вакуума уменьшаются, то выключить вакуумный насос. В противном случае открыть вентиль

криоблока, вращая его против часовой стрелки, и повторить все действия п.2.10 через некоторое время.

3. Перед запуском микрокриогенной системы проверить:

3.1. Избыточное давление усреднения в МКС.

3.2. Исправность заземления составных частей МКС.

3.3. Остаточное давление в криостатах микроохладителей. Оно не должно превышать 6,7 Па (5 x 10 мм рт.ст.).

4. Запуск микрокриогенной системы в эксплуатацию.

4.1. Включить источники питания 380В, 50 Гц.

4.2. Установить тумблеры СЕТЬ на панели управления во включенное положение, при этом индикаторы СЕТЬ, МО1 ВЫКЛ должны загореться, показания приборов ДАВЛЕНИЕ должны быть не менее 1,4 МПа.

4.3. Нажать кнопку МО1 ПУСК при этом должен загореться индикатор МО1 ВКЛ, а индикатор МО1 ВЫКЛ погаснуть и включиться электродвигатель микроохладителя (вращение должно происходить по часовой стрелке).

4.4. Включить тумблер "СЕТЬ" на передней панели компрессорной установки.

4.5. Нажать кнопку КУ1 ПУСК на панели управления, при этом должны загореться индикаторы КУ1 ВКЛ и включиться электродвигатели компрессорной установки.

4.6. Нажать кнопку МО2 ПУСК, при этом должен загореться индикатор МО2 ВКЛ, а индикатор МО2 ВЫКЛ погаснуть и включиться электродвигатель микроохладителя.

5. Признаки нормальной работы МКС:

6.1. Компрессор работает непрерывно без автоматического выключения;

6.2. При работе компрессорной установки нет посторонних звуков;

6.3. Давление всасывания по манометру компрессорной установки находится в пределах ( 0,7+0,1 ) МПа или ( 7+1 ) кгс/см<sup>2</sup>;

6.3. На смотровом стекле компрессорной установки отсутствует масло.

7. Действия оператора при возникновении нештатных ситуаций.

7.1. При кратковременном пропадании электропитания (до 30 минут) незамедлительно произвести повторный запуск сначала микроохладителя, а затем компрессорной установки.

7.2. При пропадании электропитания более 5 минут необходимо незамедлительно:

7.2.1. Включить микроохладитель и усреднить давление в компрессорной установке, чтобы низкое давление было примерно равно высокому. При необходимости повторить пуск микроохладителя 2-3 раза;

7.2.2. Проверить остаточное давление в криоблоке. Если оно больше, чем  $3 \times 10^{-1}$  Ра, подключить вакуумный насос и провести работы в соответствии пунктом 2 данной инструкции;

7.2.3. Включить микроохладитель и компрессорную установку, если остаточное давление менее  $3 \times 10^{-1}$  Ра.

7.3. Если работа компрессорной установки и микроохладителя сопровождается повышенным шумом необходимо с панели управления соответствующей МКС:

Остановить копрессор (нажать кнопку «КУ1 стоп»).

Убедиться в работе охладителя (по звуку в динамике или колебаниям стрелки манометра «Низкое давление»).

7.3.1. Если охладитель не работает нажать кнопку «МО стоп» и ОТКРЫТЬ регулятор расхода («РР» по часовой стрелке до упора) для усреднения давления и больше ничего в МКС не включать.

7.3.2. Если охладитель работает – подождать 1- 2 минуты, пока он не остановится сам, и не усреднится давление, в противном случае остановить его (нажать кнопку «МО стоп»).

Подождать 30 минут.

Включить этот же охладитель (нажать кнопку «МО пуск»). Даже если одновременно с охладителем начал работать и компрессор, то включить и его (нажать кнопку «КУ пуск»).

Сделать запись в журнале с указанием времени, диапазона и результата.

Как правило это приводит к исчезновению посторонних звуков у охладителя.

Возможно повторить эту процедуру через 30 минут.

7.4. Если после этого МКС не работает нормально, выключить систему и доложить руководству обсерватории.

## 8. Выключение МКС.

8.1. Если работают оба охладителя одной системы, то сначала нужно выключить один из них, для чего нажать кнопку МОI ВЫКЛ (или МОII ВЫКЛ), при этом загорится соответствующий индикатор, а индикатор МОI ВКЛ (или МОII ВКЛ) погаснет. После этого перейти к п 8.2.

8.2. . Если работает один микроохладитель, то на панели управления нажать кнопку КУI СТОП, при этом должен погаснуть индикатор КУI ВКЛ и

выключиться электродвигатель компрессорной установки, а через 1 минуту выключиться электродвигатель охладителя и загореться индикатор МО ВЫКЛ, а индикатор МО ВКЛ погаснуть.

8.3. Установить тумблеры СЕТЬ на панели управления и автоматический выключатель на компрессорной установке в выключенное положение.

8.4. Отключить источник питания 3х50 Гц, 380 В.

8.5. После остановки МКС необходимо контролировать давление микроохладителя в надзеркальной кабине и температуру TX1 и TX2 на FS в программе «Приемники/Гет/ГПИ». Если давление или температура резко возрастают, то выполнить пункт 2 данной инструкции и откачивать до температуры отепления криоблока TX=250К (меньшее значение).

8.6. Необходимость откачивания КБ при отключении можно уточнить и по таблице.

**Таблица**

Диапазон системы	Номер микроохладителя	Примечания
18 см	Э110.11.00.001 N0802003	ВЭМБ, Можно отключать без откачки
13 см	№3 NEW	ВЭМБ, Можно отключать без откачки
6.2 см 1к	022102А N512112-1	Можно отключать без откачки
6.2 см 2к	022102А N154547-2	<b>ВЭМБ. Откачивать при отключении!</b>
3.5 см 1к	022102Б N154545-2	<b>Откачивать при отключении!</b>
3.5 см 2к	022102Б N154541-1	Можно отключать без откачки
1.35 см 1к	022103 N154543-1	ВЭМБ, <b>Откачивать при отключении!</b>
1.35 см 2к	022103 N154547-1	Можно отключать без откачки

9. Включение приборов, расположенных в к. 209 (операторская).

9.1. Включить тумблер «Сеть~220» на пульте блока управления БСК.

9.2. Включить тумблер БСК нужного диапазона, при этом должны загореться зеленый и желтый светодиоды на панели блока управления БСК.

9.3. Включить тумблер «СЕТЬ» на блоке диагностики, при этом должен загореться зеленый светодиод над тумблером.

9.4. Включить тумблер «СЕТЬ» на блоке управления коммутатором. Выставить переключатели каналов коммутатора в требуемое положение.

9.5. Включить компьютер, управляющий приёмниками.

9.6. Контролировать температуру приемников по монитору с регистрацией в журнал.

#### 4. Работа с аппаратурой Mark5B в обсерватории «Светлое»

##### I. Подключение аппаратуры

1. Подключите выходы видеоконвертеров стойки Mark IV DAS (BBC1-BBC14) на соответствующие входы блока 2-х битового квантования сигналов P4101 (рис. 1) кабелями, которые используются для соединения стойки Mark IV DAS с блоком P4100. Подключите кабели 5 МГц и 1 Гц от СЧВС радиотелескопа к соответствующим входам P4101.

**Внимание! Блок P4101 имеет 16 видеовходов, поэтому входы «9» и «10» должны остаться не задействованными. Входы «1 Гц» и «5 МГц» блока P4101 быть подключены к СТВЧ радиотелескопа также, как аналогичные входы блока P4100.**

2. Проверить соединение блока квантования P4101 с блоком сопряжения P4102 двумя 50-жильными шлейфами из витых пар.

3. Проверить подключение выхода блока сопряжения P4102 к Mark5B на задней панели 80-жильным кабелем. Подключить к аппаратуре Mark 5B монитор, клавиатуру и шнур локальной сети Ethernet, которые были подключены к аппаратуре Mark 5A.

4. Подключить к сети 220 В блок квантования P4101, блок сопряжения P4102 и Mark5B через источник бесперебойного питания. Убедитесь, что все подключения соответствуют схеме, приведенной на рис. 1.

5. Включить питание блоков квантования P4101 и сопряжения P4102 с помощью выключателей «Сеть» на передних панелях.

##### II. Включение и подготовка к работе Mark5B

1. Вставить дисковые модули на свои места (Bank A и Bank B). Зафиксировать их фиксаторами. С модулей должны быть сняты защитные транспортные крышки.  
*Примечание: Допускается установка модуля на свое место как до включения аппаратуры, так и в процессе ее работы. Число используемых модулей определяется объемом записываемой за время сеанса информации.*

2. Нажать клавишу «I» на задней панели блока Mark5.

3. Нажать и отпустить клавишу «Power» на передней панели блока Mark5.

4. Проконтролировать по экрану монитора процесс загрузки ОС Linux Red Hat. Процесс загрузки остановится, когда на экране появится приглашение

Mark5 login: \_

5. С клавиатуры консоли ввести логин

*Примечание: Для ввода любой команды необходимо набрать ее имя на клавиатуре и нажать клавишу Enter.*

6. Ввести пароль (password)

7. Подождать, когда на экране появится приглашение системы

oper@Mark5[1]%\_

8. Ввести команду

ssopen

и подождать приблизительно 10 секунд, пока закончится инициализация накопителя (StreamStor) и снова появится приглашение системы.

9. Запустить основную управляющую программу Mark5B в фоновом режиме, для чего ввести команду

DIMino &

Дождаться появления сообщения DIMino Ready.

10. Включить дисковый модуль (Bank A), вставив ключ в замок (зубчиками вверх) и повернув его по часовой стрелке.

***Внимание! Запрещается поворачивать ключ в замке при отсутствии вставленного на место и зафиксированного дискового модуля.***

Проконтролировать запуск дискового модуля в течение нескольких секунд, когда зеленые

индикаторы на модуле и над ним мигают. После этого убедиться, что индикаторы Locked,

Power, Ready (зеленые) и Selected (красный) светятся постоянно и, следовательно, модуль

готов к работе.

Если через 15-20 секунд после поворота ключа индикатор Ready не загорается, то

необходимо выключить модуль, повернув ключ в обратном направлении, извлечь модуль

и повторить п. 10

***Внимание! Запрещается извлекать модуль, если соответствующий ключ не***

***разблокирован и индикатор Power не погас.***

11 Если при проведении сеанса требуются два дисковых модуля, вставить второй модуль

на свое место (Bank B) и повторить для него п.10

*Примечание: в конкретный момент времени активным (Selected) может быть только один модуль (либо А, либо В).*

12 Дальнейшее управление системой осуществляется с компьютера FS

**Внимание! На центральном управляющем компьютере радиотелескопа должна быть установлена версия FS, поддерживающая работу с Mark 5B.**

### III. Подготовка к сеансу наблюдений

1. Перед запуском FS включить конфигурацию аппаратуры с Mark5B (MK5B).

**Внимание! В имеющихся в ИПА печатных материалах по работе с Mark5, например в книге TOW 2003, приведены устаревшие команды SNAP для управления Mark5 от FS. Поэтому им руководствоваться нельзя.**

2. Запустить FS. Соединение с Mark5 при этом будет установлено сразу в случае готовности Mark5. Соединение можно установить и после запуска FS с помощью команды mk5relink. Соединение с Mark5 можно закрывать командой mk5close и восстанавливать командой mk5relink, не завершая работу FS.

2.1. Ввести команду установки тактовой частоты

```
mk5=clock_set=32:ext;
```

2.2. Ввести команду установки источника сигнала 1 Гц:

```
mk5=1pps_source=vsi;
```

*Примечание: к п.п. 2.1 и 2.2. После успешного выполнения этих команд на мониторе FS выводится сообщение следующего вида <название команды>=0;*

2.3. Ввести команду установки часов DOT Mark5B:

```
mk5=dot_set=time;
```

2.4. Проверить соответствие времени часов DOT текущему времени UT на радиотелескопе.

```
mk5=dot?
```

Если есть расхождение более чем 1 минута, то необходимо ввести текущее время UT в Mark 5B следующей командой: (если расхождение менее 1 минуты, перейти к подпункту 2.5.)

```
mk5=dot_set=YYYYyDDDdHHhMMmSSs : force;
```

где YYYY – текущий год, DDD – текущий день с начала года, HH – текущий час, MM – текущее число минут; SS – число секунд (например: mk5=dot set=2007y058d10h20m25s:force; соответствует 28 февраля 2007 года, время 10:20:25 UT)

2.5. Определите разницу в секундах между DOT mark5B и временем UT и провести коррекцию времени DOT на вычисленное соответствующее число секунд с помощью команды:

```
mk5=dot_inc=SS;
```

где SS – число секунд (может быть положительным для увеличения и отрицательным для уменьшения времени DOT)

2.6. Удостовериться, что расхождение между часами DOT (которое выведется в командной строке после подачи команды mk5=dot?) и UT менее одной секунды, т.е. показания времени совпадают с точностью до одной секунды:

mk5=dot?

Если расхождение более 1 секунды, то повторить пункт 2.5.

*Примечание: после выполнения команды mk5=dot? В строке сообщения значение sysccerr eq 0 свидетельствует об успешной синхронизации.*

3. Проверить наличие связи с Mark5, например, введя команду disk\_serial. При этом должны быть выведены номера восьми дисков, входящих в модуль Mark5.

4. Прочитать серийный номер дискового модуля (VSN), для этого ввести команду

mk5=vsn?

VSN должен иметь три поля, разделенные символом дроби например,

IAA-0001/980/1024

1-е поле - 8 символов (сначала только буквы, далее дефис, потом цифры), остальные два поля - цифровые. Этот номер должен совпадать с номером, наклеенным на передней панели модуля. Если модуль новый, на нем нет наклеенного номера VSN и данная команда выводит строку вида

StreamStor10/1024 : unknown

В этом случае модулю надо присвоить новый номер:

а) запросить новый VSN у ответственного за нумерацию модулей в ИПА (нужно

назначить и ввести следующей командой только первое поле - 8 символов,

например IAA-0002);

б) ввести две команды подряд

mk5=protect=off;

mk5=vsn=номер VSN

в) проверить номер командой

mk5=vsn?

5. Ввести команду

disk\_pos?

Если вывод команды содержит ненулевые значения, убедиться, что на данном модуле не было ранее записано какой-либо нужной информации.

6. Ввести две команды подряд

mk5=protect=off;

mk5=reset=erase;

7. Ввести еще раз команду

disk\_pos

Вывод сообщения о выполнении команды должен содержать только нулевые значения.

8. Установить режим записи Mark5B следующей командой:

mk5=mode=ext : mask : dr;

где *mask* – маска записываемых данных. Если не оговорено иначе, задавать 0xffffffff; *dr* – коэффициент деления тактовой частоты (32 МГц), задается программой наблюдений. (например: mk5=mode=ext:0xffffffff:2; - команда устанавливает следующий режим работы Mark5B – источник сигнала – внешний VSI разъем (ext), маска – 0xffffffff – запись всех 32 битовых потоков, коэффициент деления тактовой частоты – 2 (запись с тактовой частотой 16 МГц);

9. Ввести команду:

disk\_record=on

*Примечание: при записи на передней панели Mark5B зеленым индикатором «FLO» индицируется запись потока.*

10. Убедиться, что идет запись на диск. Для этого несколько раз повторить команду

```
disk_pos
```

Первое число в выводе команды должно каждый раз увеличиваться.

*Примечание: в процессе записи зеленый индикатор «Ready» Mark5 может мигать; должны также светиться индикаторы, расположенные вертикально слева на передней панели дискового модуля.*

11. Примерно через 30 секунд ввести команду

```
disk_record=off
```

Несколько раз ввести команду

```
disk_pos
```

Числа в выводе команды не должны меняться. Индикаторы, расположенные вертикально слева на передней панели дискового модуля, не должны светиться.

*Примечание: при выключенной записи на передней панели Mark5B индикатор потока FLO не должен светиться.*

12. Ввести команду

```
mk5=scan check?
```

Не должно быть сообщений об ошибках,

13. Ввести две команды подряд

```
mk5=protect=off;
```

```
mk5=reset=erase;
```

14. Ввести еще раз команду

```
disk_pos
```

Вывод команды должен содержать только нулевые значения.

Mark5 готов к работе в сеансе РСДБ.

#### IV. Проведение наблюдений

В ходе сеанса РСДБ включение и выключение записи на Mark5 производится автоматически по программе сеанса и не требует вмешательства оператора.

Контролировать записанный объем данных можно с помощью программы "Mark 5 Remaining Capacity" (вызывается через меню, пункт "Monit: Mark 5").

#### V. Завершение работы и выключение

1. Распечатать в программе drudg комплект меток.

На переднюю панель модуля наклеить метку и «красную точку».

Завершить управление Mark5 от компьютера FS (ввести команду mk5close или завершить работу FS).

2. На консоли Mark5 ввести команду

```
EndDIM
```

*Примечание: если экран занимают сообщения программы, работающей в фоновом режиме, для вывода на экран консоли приглашения системы, необходимо нажать Enter.*

3. Дождаться появления сообщения DIMino: TheEnd.

4. Ввести команду halt

Дождаться появления сообщения System halted.

*Примечание: вместо halt можно ввести команду reboot, если требуется перезагрузка системы Mark5.*

5. Нажать и отпустить клавишу «Power» на передней панели блока Mark5.

6. Нажать клавишу «O» на задней панели блока Mark5.

7. Повернуть ключи в замках дисковых модулей против часовой стрелки. Извлечь модули из блока Mark5, установить на них защитные транспортные крышки, упаковать и подготовить к отправке.

## РАЗДЕЛ 2. МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ РАДИОИНТЕРФЕРОМЕТРИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

### 1. Регистрация узкополосного космического радиоизлучения P3902

#### 1. Соединение прибора (если не подключен).

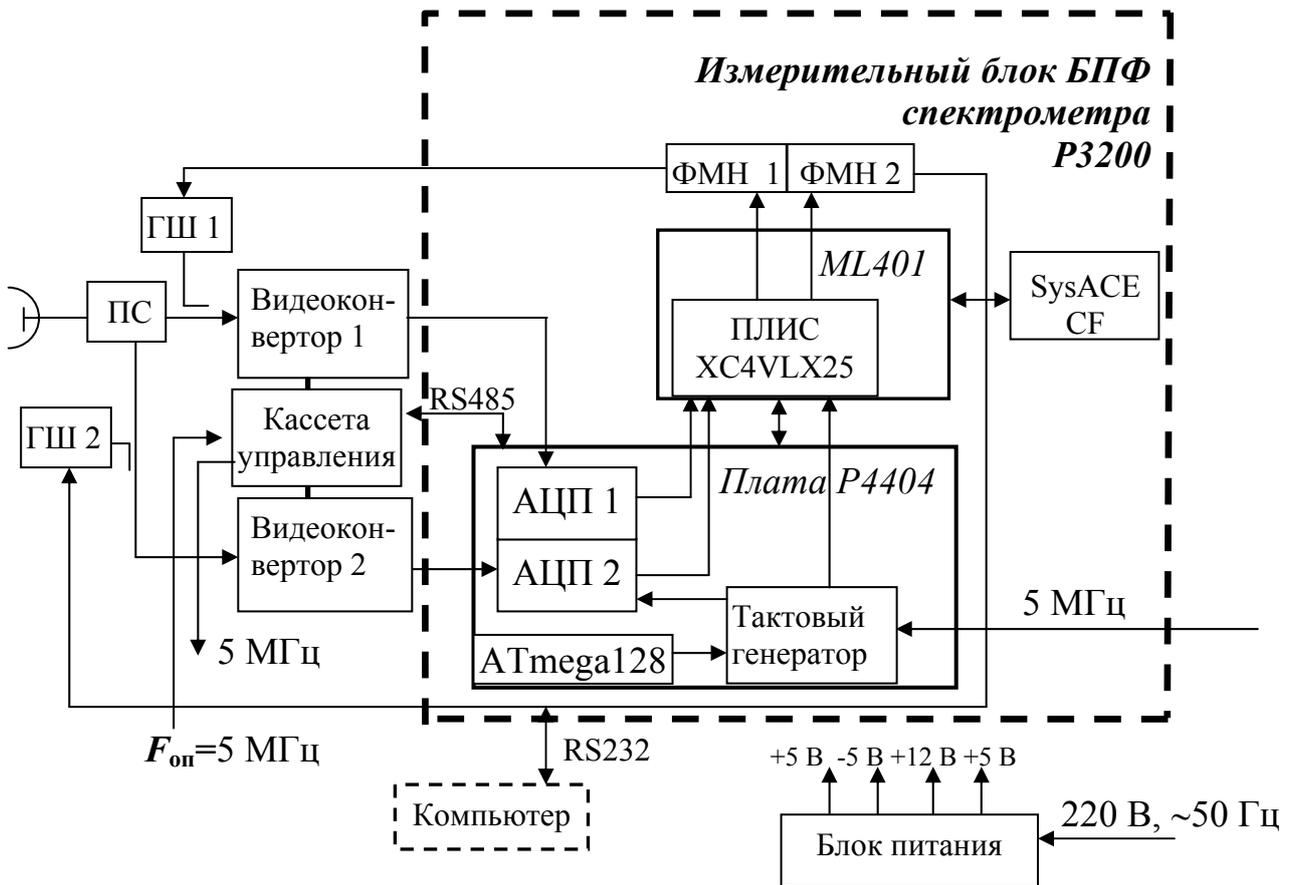


Рис. 1. Двухканальная система регистрации узкополосного излучения.

Подключить 5 МГц ко входу системы управления видеоконверторами (вход 5 МГц);

Подключить выходы на задней панели кассеты управления 5 МГц к соответствующим входам видеоконверторов и кассеты БПФ преобразования сигнала P3200;

Соединить выход RS485 кассеты P3200 с входом RS485 кассеты управления видеоконверторами;

Соединить вход RS232 кассеты P3200 с компьютером стандартным кабелем RS232;

Соединить выходы видеоконверторов с соответствующими входами кассеты P3200 (1 видеоконвертор – входу канала 1, 2-ой видеоконвертор – к входу канала 2);

Соединить входы видеоконверторов с выходами ПЧ радиотелескопа,

соответствующим правой и левой поляризациям;

Подключить выходы модуляции кассеты Р3200 к модулирующим входам радиотелескопа (в соответствии с тем, как подключены первый и второй видеоконвертор);

Соединить кассету Р3200 с блоком питания;

Подключить кабели питания к блоку питания видеоконверторов и блоку питания кассеты Р3200.

## 2. Включение прибора.

Включить питание модуля видеоконверторов;

Включить питание кассеты Р3200. После включения проконтролировать наличие синхронизации с опорной частотой 5 МГц кассеты Р3200. Светодиод на передней панели должен гореть зеленым светом (при отсутствии синхронизации – светодиод загорится красным светом). При отсутствии синхронизации удостоверьтесь в том, что сигнал 5 МГц приходит на кассету Р3200;

Установить в настройках используемых приемных каналов (через центральный компьютер радиотелескопа) следующий режим работы: **ГШ компенсации: Выкл, ГШ калибровки: Мод., Модулятор: открыт.**

Включить управляющий спектрометром Р3902 компьютерю По окончании загрузки ОС Windows XP введите пароль пользователя Administrator: qawsedrf;

Запустить программу SpectrC\_v\_2\_1\_server. Дождаться загрузки программы. Если всё подключено правильно и программа настроена на нужный СОМ-порт, то через некоторое время после загрузки в главном окне программы исчезнет ошибка «Ни один блок спектрометра не подключен». В этом случае аппаратура готова к вводу данных и работе. Если ошибка не пропадает, то надо удостовериться в правильности подключения аппаратуры к компьютеру и правильности выбора СОМ-порта в управляющей программе.

## 3. Описание программного обеспечения для управления спектрометром Р3902 от персонального компьютера.

Программное обеспечение состоит из двух программ: главной управляющей программы SpectrC\_v\_2\_1\_server и программы SpectrC\_v\_2\_1\_shed. Программа SpectrC\_v\_2\_1\_server предоставляет функции управления спектрометром как при ручном вводе данных с отображением результатов измерений, так и функции управления спектрометром с удаленного компьютерного терминала. Программа SpectrC\_v\_2\_1\_shed дает возможность работать с программой SpectrC\_v\_2\_1\_server по заранее сформированному заданию (так называемому shed-файлу в специальном формате).

### 3.1. Описание программы SpectrC\_v\_2\_1\_server.

С помощью интерфейсного окна (рис. 2) пользователь задает параметры, необходимые для проведения регистрации спектров узкополосных космических радиоизлучений, а также интересующие радиоастрономов сопутствующие данные, которые должны быть зафиксированы в файле при регистрации спектра. В графическом поле отображается усредненный спектр в выбранных единицах измерения (Вт, К, Ян).

Исходными данными для программы являются следующие параметры:

- центральная частота спектральной линии (или её лучевая скорость и частота спектральной линии в лаборатории);
- общая полоса регистрации, которая может быть выбрана из ряда значений: 0,125 МГц; 0,25 МГц, 0,5 МГц, ..., 32 МГц;
- шумовая температура калибровочного генератора шума, используемая для амплитудной калировки;
- эффективная площадь поверхности антенны;
- дополнительные регистрируемые параметры (название и координаты обсерватории, диапазон волн, поляризация, название и координаты космического источника радиоизлучений)

Кроме того следует выбрать:

- интервал времени между обновлениями изображения на экране.
- интервал времени между сохранениями информации об усредненных спектрах в файле на жестком диске компьютера.

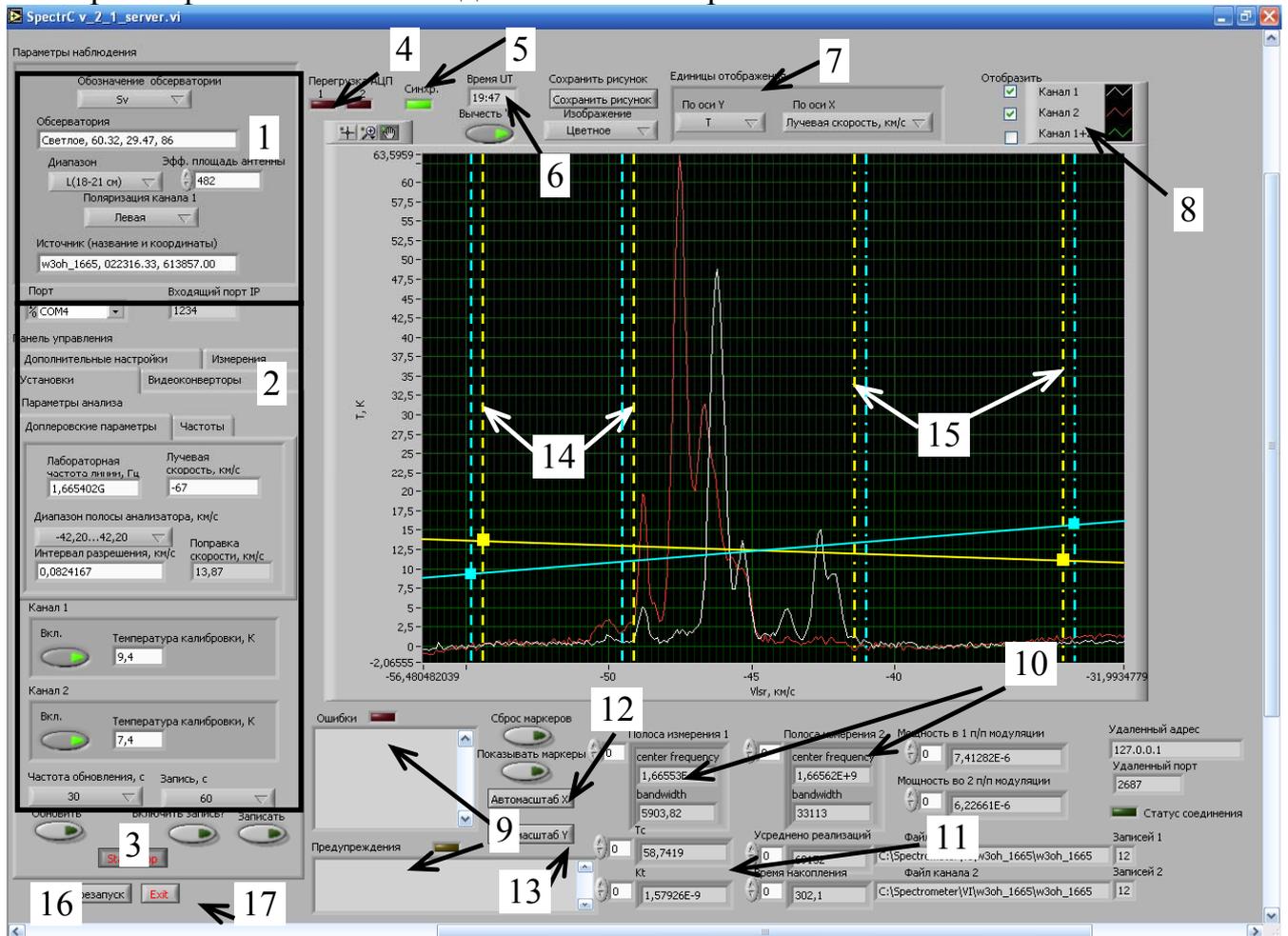


Рис. 2. Окно программы управления анализатором спектра.

Группы элементов интерфейсного окна показаны цифрами на рис. 2. В левой части интерфейсного окна разработанной программы расположены элементы для ввода исходных данных и управления спектроанализатором. С

помощью группы элементов 1 (рис. 3) вводятся основные параметры, необходимые для проведения наблюдений.

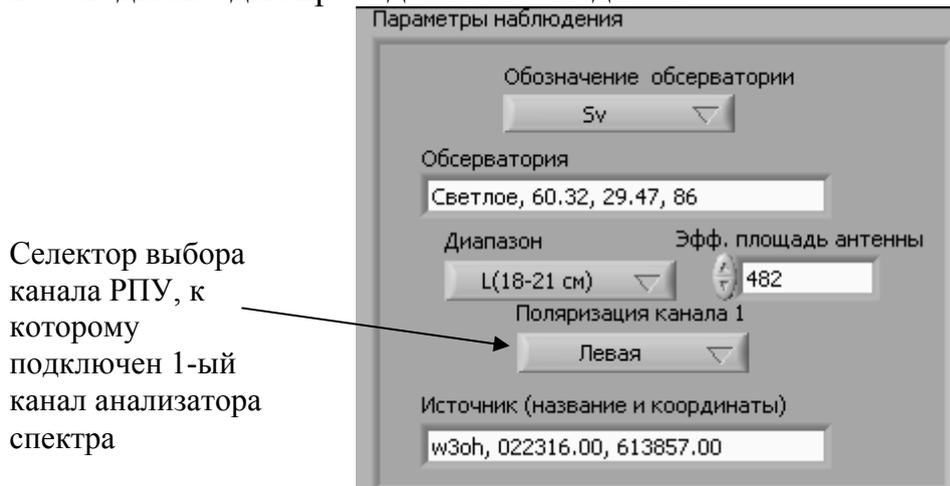


Рис. 3. Параметры наблюдения

С помощью селектора «Обозначение обсерватории» нужно выбрать предварительно подготовленный файл с основными параметрами обсерватории. После успешного чтения данных из файла в соответствующих полях окна программы будут отображены заданные в нём данные, которые в случае необходимости можно будет откорректировать. Данные об обсерватории и параметрах РПУ содержатся в файле в следующем формате:

```
;Configuration file for ConfigTool v1.0
;Do not modify this header
```

```
[Обсерватория]
```

```
Координаты_STR="Светлое, 60.32, 29.47, 86" ; - название обсерватории и её координаты
[Обсерватория.РПУ] – подзаголовок начала данных об РПУ
```

```
Число диапазонов_U32=N ; – число диапазонов
[Обсерватория.РПУ.Диапазон0] ; данные о приемном устройстве диапазона № 0
```

```
Имя_STR="L(18-21 см)" ; - обозначение диапазона
Частота гетеродина_DBL=1260000000 ; - частота гетеродина
ЭПА_DBL=482 ; - эффективная площадь антенны для диапазона длин волн 0
[Обсерватория.РПУ.Диапазон0.Нижняя граница ПЧ]
```

```
LCP_DBL=120000000; - нижняя граница промежуточной частоты левой поляризации
RCP_DBL=120000000 ; - нижняя граница промежуточной частоты правой поляризации
[Обсерватория.РПУ.Диапазон0.Верхняя граница ПЧ]
```

```
LCP_DBL=460000000 ; - верхняя граница промежуточной частоты левой поляризации
RCP_DBL=460000000 ; - верхняя граница промежуточной частоты правой поляризации
[Обсерватория.РПУ.Диапазон0.ГШК]
```

```
LCP_DBL=9,4 ; - шумовая температура калибровочного ГШ левой поляризации
RCP_DBL=8,5 ; - шумовая температура калибровочного ГШ правой поляризации
```

.....  
 [Обсерватория.РПУ.ДиапазонN] ; данные о приемном устройстве диапазона № N

Имя\_STR="S(13 см)"

Частота гетеродина\_DBL=2020000000

ЭПА\_DBL=420

[Обсерватория.РПУ.ДиапазонN.Нижняя граница ПЧ]

LCP\_DBL=130000000

RCP\_DBL=130000000

[Обсерватория.РПУ.ДиапазонN.Верхняя граница ПЧ]

LCP\_DBL=480000000

RCP\_DBL=480000000

[Обсерватория.РПУ.ДиапазонN.ГШК]

LCP\_DBL=4,300000

RCP\_DBL=5,600000

С помощью селектора нужно выбрать требуемый диапазон длин волн. При этом данные из файла о частоте гетеродина и границах частот промежуточной частоты будут использованы при настройке гетеродинов видеоконверторов после задания центральной частоты спектральной линии и полосы анализа.

С помощью панели управления 2 (рис. 4-7) задаются параметры анализа излучения, а также настройки видеоконверторов и анализатора спектра. Изменения на соответствующих вкладках имеют одинаковую равноценность для программы и автоматически отображаются в нужных полях настроек (например, изменения на вкладке «Частоты» повлияет на параметры вкладок «Доплеровские параметры», настройки видеоконверторов и анализатора)

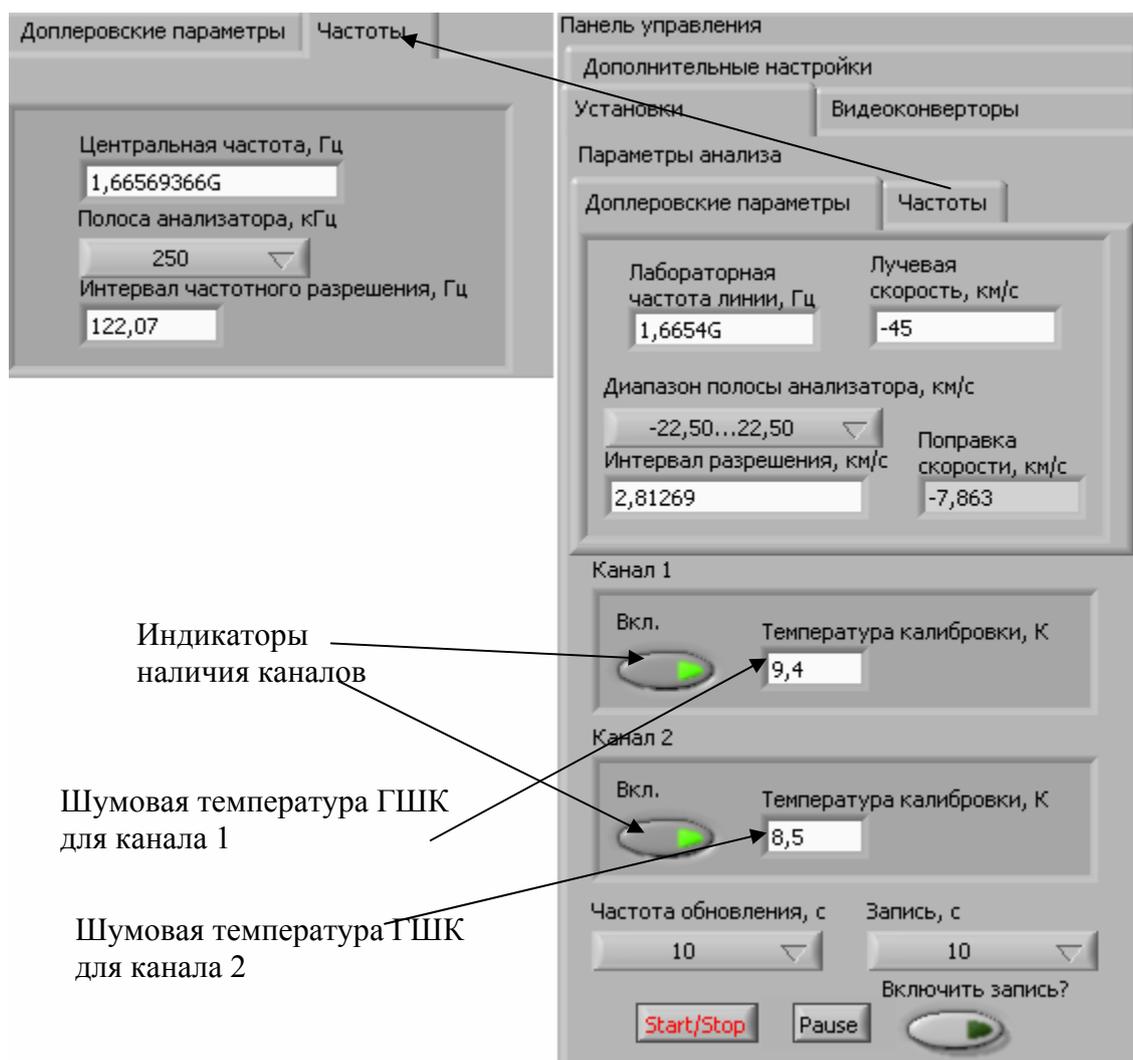


Рис. 4. Панель управления. Установки.

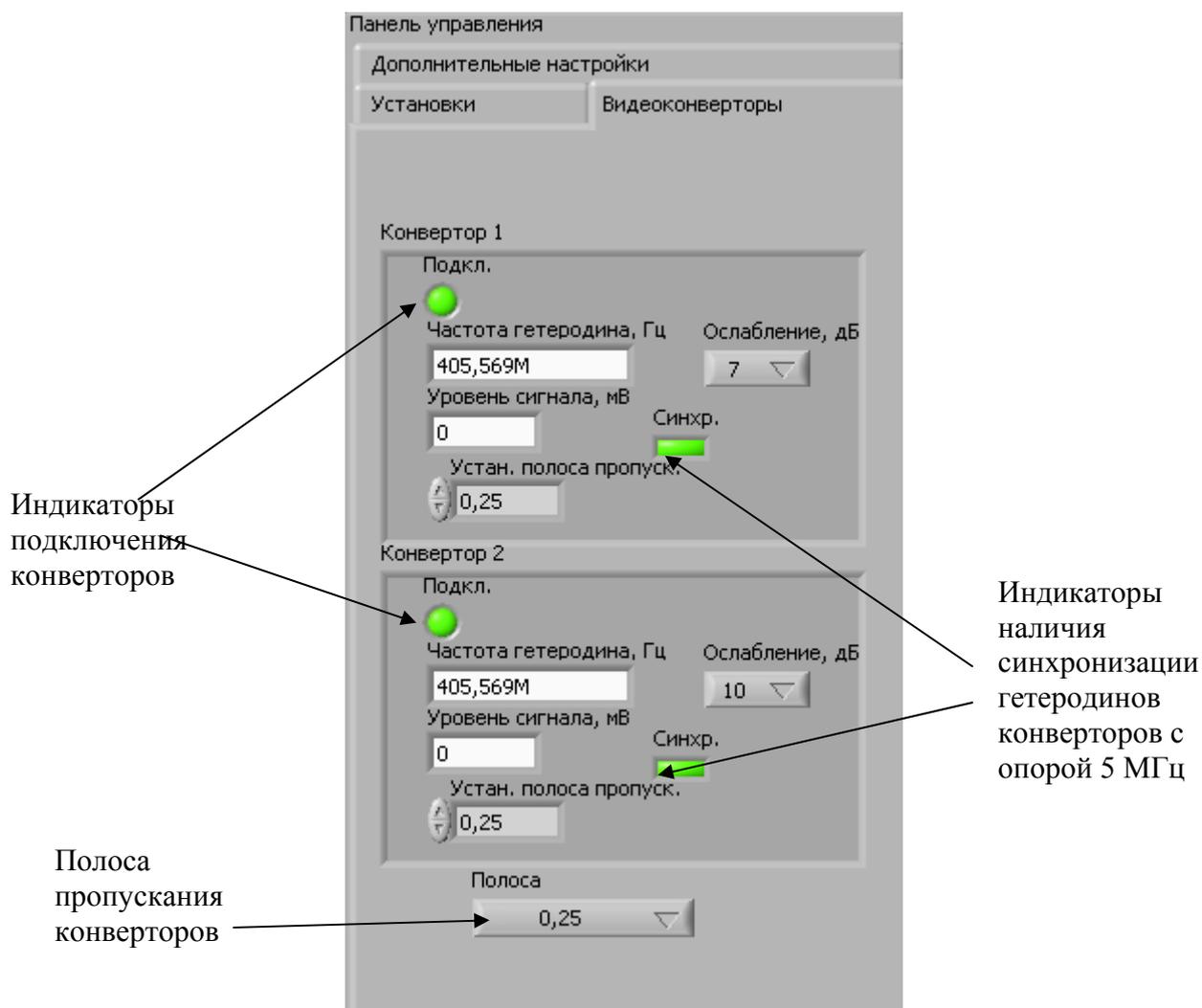


Рис. 5. Панель управления. Настройки и контроль видеоконвертеров.

Настройка измерительного модуля анализатора спектра осуществляется с помощью панели рис. 6. Наличие синхронизации с опорной частотой 5 МГц отображает индикатор 5. Выход измеряемого напряжения за пределы измерения АЦП отображаются индикатором 4.

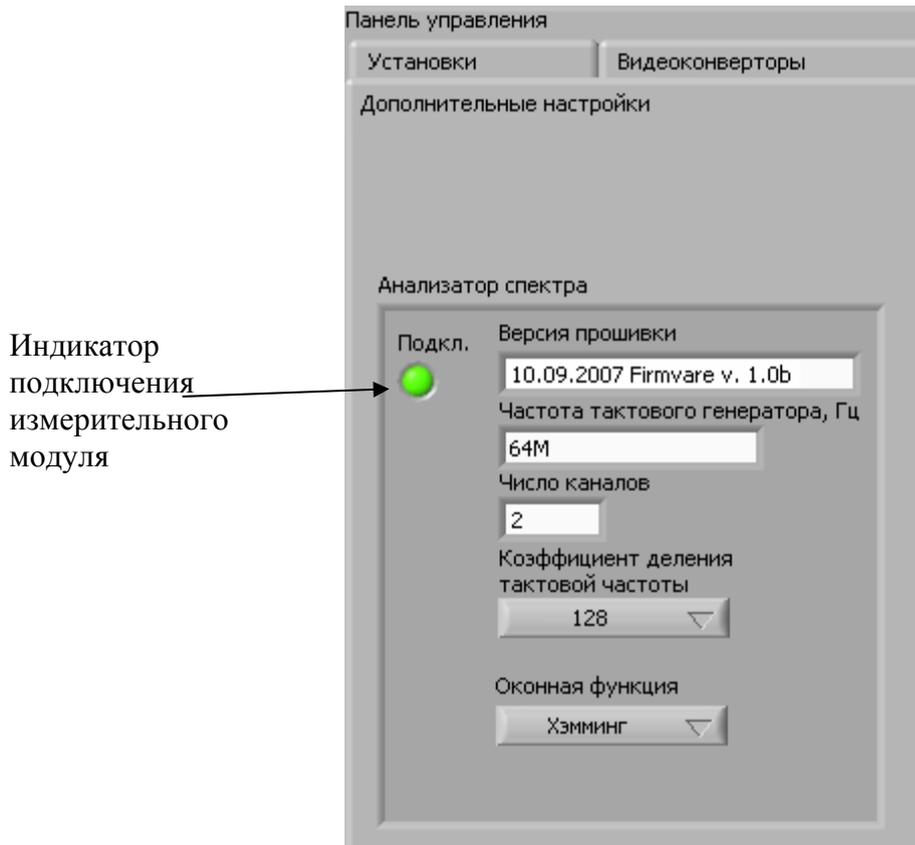


Рис. 6. Панель управления. Настройки и контроль измерительного модуля.

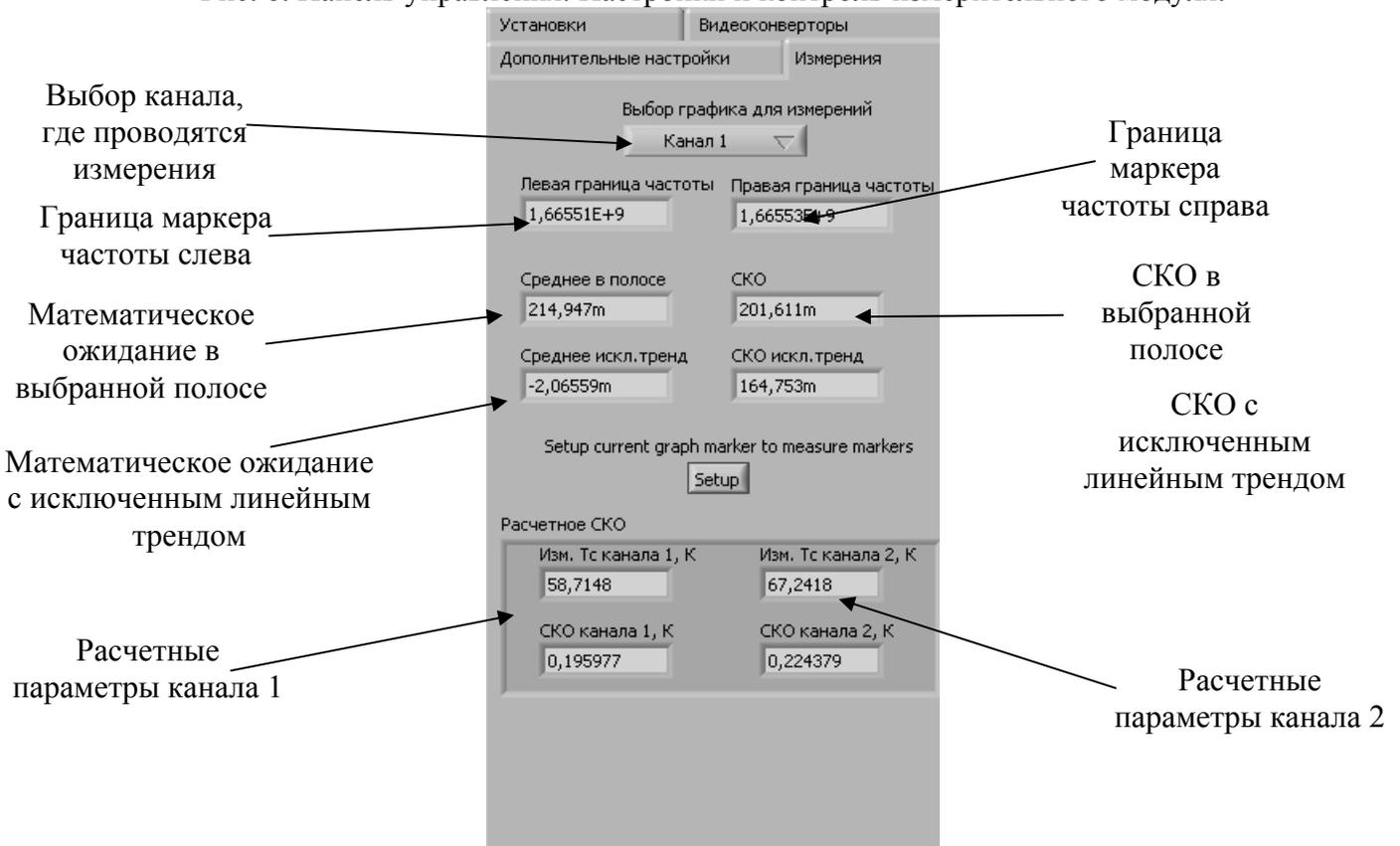


Рис. 7. Панель управления. Измерения.

Время UT (поле 6 на рис. 2), необходимое при работе с подпрограммой учета доплеровских эффектов (DOP), вычисляется на основе настроек системного времени компьютера и текущего часового пояса с учетом перехода

на летнее/зимнее время, указанного в настройках операционной системы Windows.

С помощью селекторов группы 7 (рис.8) выбираются единицы отображения спектра на графике по осям X и Y. По оси X можно выбрать единицы отображения «Частота» или «Лучевая скорость» (относительно местного стандарта покоя в случае введенных координат обсерватории и источника), а по оси Y - интенсивность измеренного сигнала в Ваттах на входе анализатора (W), интенсивность измеренного сигнала в Ваттах с пересчетом ко входу РПУ (W<sub>a</sub>), шумовая температура сигнала в Кельвинах (T), плотность потока электромагнитного излучения в Янских (J).

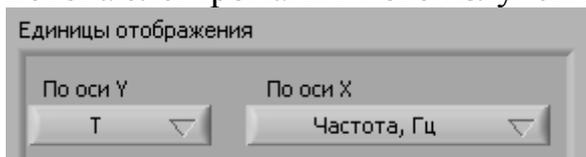


Рис. 8. Выбор единиц отображения

С помощью легенды и набора выключателей 8 можно включить или отключить отображение на экране спектров каналов 1, 2 или их суммарного спектра.

Поля 9 предназначены для отображения возникших ошибок или предупреждений, возникших при работе программы и при взаимодействии с аппаратной частью анализатора спектра.

Значения центральных частот и полос, в которых проводится калибровочные измерения мощности, вычисляются на основе данных о графических элементах 14 и 15 и отображаются в нижней центральной части окна программы в группах 10. Под элементами группы 10 отображаются результаты вычисления коэффициента усиления  $K$  и шумовой температуры системы  $T_c$  (поля 11).

Внизу под графическим полем расположены кнопки 12, 13 «Автомасштаб Y» и «Автомасштаб X», позволяющие провести автомасштабирование изображения спектра по оси Y и X (для просмотра спектра в наиболее удобном масштабе).

С помощью кнопок 16 (Перезапуск – начать усреднение заново с текущими исходными данными), 3 (Start/Stop – начать/остановить вычисления), 17 (EXIT – выход из программы) осуществляется управление состоянием программы.

### 3.2. Работа с программой в ручном режиме SpectrC\_v\_2\_1\_server.

1. Запустить программу. После загрузки в окне отображаются параметры, заданные в файле конфигурации SpectrC.cfg (COM-порт, информационный файл об обсерватории и частотных диапазонах приемников (для обсерватории светлое – Sv.cfg), ожидаемый порт IP для управления от внешней программы);

Формат файла конфигурации:

```
;Configuration file for ConfigTool v1.0
;Do not modify this header
```

Порт\_STR="COM4"  
 ПортIP\_U32=1234  
 Обсерватория\_STR="Sv"

Здесь Порт\_STR – COM-порт по умолчанию, ПортIP\_U32 – IP порт для управления от внешней программы (например, SpectrC\_v\_2\_1\_shed), Обсерватория\_STR – строка для обозначения файла-конфигурации с параметрами приемников обсерватории и температурами калибровочных генераторов шума.

При выборе нужного диапазона волн параметры приемника и шумовые температуры калибровочных генераторов шума будут автоматически загружены и использованы в программе.

2. После того, как выбрана обсерватория и выбран рабочий диапазон длин волн, можно приступать к работе. Для регистрации спектра понадобится:

1). Ввести название источника и его координаты в поле окна 1 «Источник» (см. рис. 3) в следующем формате:

*обозначение\_источника, прямое восхождение, склонение;*

(Например: W3OH, 022316.33, 613857.70)

2). Выбрать полосу регистрации спектрометра на вкладке «Установки» - > «Частоты». (Например, для наблюдения W3OH удобно выбрать полосу регистрации 500 кГц, что дает интервал частотного разрешения в двухканальном режиме 488 Гц);

3). Выбрать полосу пропускания видеоконвертора (для наблюдений в 18 см диапазоне это обычно 0,25 МГц).

4). Ввести на вкладке окна 2 «Установки»-> «Доплеровские параметры» лабораторную частоту линии и центральную лучевую скорость, которая будет отображена в центре графического поля

Например для W3OH на частоте 1665 МГц вводится:

в поле «Лабораторная частота»: 1665,402М, в поле «Лучевая скорость» -60 (при полосе регистрации 500 кГц);

5). Выбрать промежутки времени между обновлениями данных на экране и периоды между двумя записями данных в файл зарегистрированных спектров. *Примечание! Период между записями в файл и обновлением данных на экране в данной версии программы должен быть одинаковым.*

Например, при настройке на источник удобно выбрать минимальный период обновления данных – 10 с (при выключенной записи данных в файл), а в рабочем режиме рекомендуется выбрать период обновления данных на экране и между записями в файл 60 с.

Нажать кнопку «Перезапуск».

Имя файла назначается автоматически и включает в себя название источника, номер канала, дату и время с момента нажатия на кнопку «Перезапуск».

6). В окне программы 8 (см. рис. 2) установить галочки отображения нужных графиков. Установить исходные параметры отображения: «Единицы отображения» - W (мощность) и Частота. Тумблер «Вычесть “0” должен быть

выключен. Последовательно нажать на кнопки 12, а затем 13 для автомасштабирования графика. Если всё сделано правильно – на экране должна быть видна АЧХ видеоконвертора (в случае отображения двух каналов – две АЧХ) и можно включить запись в файл с помощью кнопки 18 («Включить запись»). После этого можно приступить к амплитудной калибровке (в случае, если требуется получить изображение спектра).

7). Амплитудной калибровка спектра и сохранение изображения. Последовательность действий для калибровки следующая и сохранения изображений:

а). При выключенном тумблере «*Отображать маркеры*» нажать на кнопку «*Сброс маркеров*»;

б). Выбрать мышью пиктограмму  . Включить тумблер «*Отображать маркеры*». Справа и слева от центра появятся линейки маркеров. Желтые привязаны к первому каналу, синие привязаны ко второму каналу. Фиолетовые предназначены для измерения СКО на требуемом участке частот (об этом будет сказано ниже). Раздвиньте границы таким образом, чтобы пунктирные линии выбирали границу частот слева, где нет компонентов спектра сигнала, а штрихпунктирные – справа. Если всё сделано правильно, то в графическом поле 11 «Тс» будет отображено измеренное значение шумовой температуры системы. Селектор «0» выбирает первый канал, а «1» - 2-ой канал для отображения. (Нормальные шумовые температуры для холодного приемника – 40-100 К в диапазоне 18 см. Выход за эти пределы показывает неправильно проведенную калибровку, перегрузку канала или неправильную работу всей системы в целом);

в). При правильно проведенной калибровке перевести режим отображения оси Y с помощью группы селекторов 7 в шкалу шумовых температур (Т) или плотности потока (J). Нажать на кнопку 13 автомасштабирования шкалы Y;

г). подождать требуемое время накопления, когда источник будет достаточно четко просматриваться на фоне шумов;

д). Выбрать мышью пиктограмму  над графическим полем в левом углу. Теперь с помощью узловых точек нужно установить линию тренда для каждого канала. Для этого узловые точка подтягивается к нужному месту графика (пунктирный и штрихпунктирный маркеры с узловыми точками соответствующего канала);

е). после того, как линия тренда установлена, этот условный нулевой уровень можно вычесть. Для этого включить тумблер «*Вычесть “0”*». После этого отображение маркеров нужно отключить (Отключив тумблер «*Отображать маркеры*»);

ё). С помощью группы селекторов 7 перевести ось X в шкалу лучевых скоростей. Нажать на кнопку автомасштабирования шкалы X;

ж). Выбрать пиктограмму  и провести с помощью мыши нужную область графика для масштабирования. В случае необходимости подвинуть область отображения выбрать пиктограмму . Сброс выбранных настроек –

кнопками «Автомасштаб X», затем «Автомасштаб Y»;

з). После выбора удобного масштаба график можно сохранить с помощью кнопки «Сохранить рисунок». Цветное или черно-белое изображение выбирается селектором «Изображение». **Внимание! Файлу автоматически присваивается имя, включающее в себя название источника, и текущие дата и время;**

8). Если требуется провести измерения СКО шумов, то для этого используется вкладка измерения и фиолетовые маркеры частоты. Для измерений следует выбирать достаточно равномерный участок спектра с гладким спектром. Если на спектре есть линейный тренд, то программы автоматически учтет его и выведет правильный результат в окне измерения «СКО без тренда». Для выбора канала измерений используется селектор каналов. Внизу вкладки измерений отображается расчетное СКО на гладком участке спектра в соответствии с шумовой температурой системы и накоплением. Указатели маркеров частоты передвигаются мышью в режиме



. Если нет необходимости измерять и отображать маркеры следует выбрать в селекторе каналов строку “None”. **Внимание! Измерения СКО и средней величины в режиме отображения лучевых скоростей не проводятся. В окнах измерений при этом отображаются значения, полученные при измерениях до перехода в режим отображения лучевых скоростей.**

9). По завершению накопления нужно остановить запись в файл. (Выключить тумблер «Включить запись»).

10). Перейти к следующему источнику или выйти из программы если требуется.

### 3.3. Описание программы SpectrC\_v\_2\_1\_shed.

Эта программа обеспечивает автоматический режим настройки программы SpectrC\_v\_2\_1\_server для наблюдения и записи данных в файлы по предварительно сформированному заданию. При этом центральный компьютер радиотелескопа должен в штатном режиме осуществлять наведение радиотелескопа на источник и его сопровождения. После наведения на источник излучения в программу управления спектрометром SpectrC\_v\_2\_1\_server передаются данные для настройки спектрометра, координаты источника и команда о начале регистрации и записи в файл. Благодаря встроенной подпрограмме вычисления доплеровского смещения DOP автоматически настраивает гетеродины видеоконверторов в соответствии с заданными настройками и учетом доплеровского смещения частоты регистрируемого излучения. После настройки видеоконверторов и кассеты P3200 начинается накопление реализаций спектра и запись усредненных пакетов реализаций в файл. По завершении заданного времени дается команда об остановке регистрации. После чего антенна должна быть наведена на следующий источник и так до тех пор, пока список заданных источников не завершится или программа не будет остановлена по требованию.

Основное окно программы представлено на рис. 9.

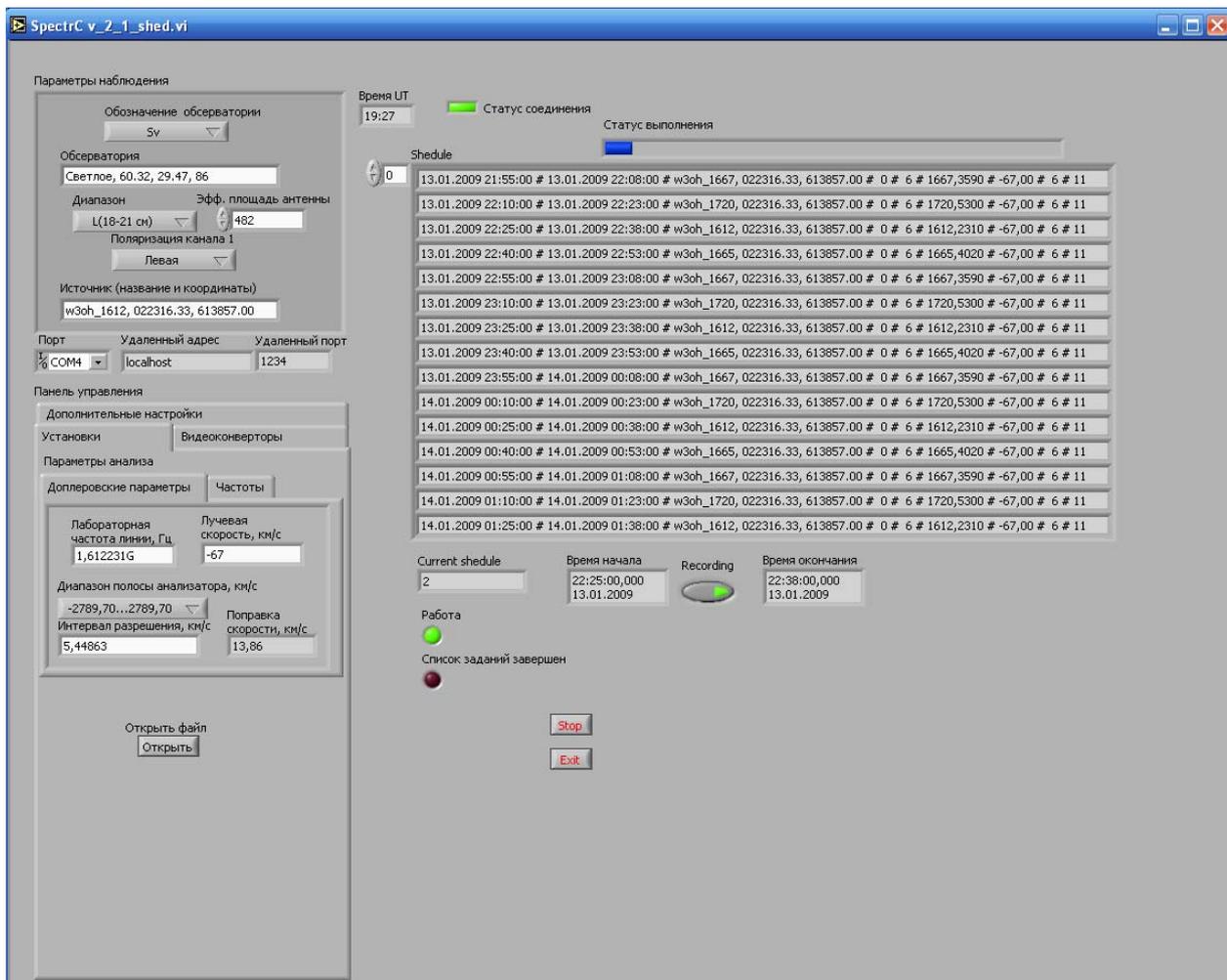


Рис. 9. Окно программы SpectrC\_v\_2\_1\_shed

После запуска SpectrC\_v\_2\_1\_shed переходит в режим ожидания.

Конфигурация программы и настройки для работы с программой SpectrC\_v\_2\_1\_server хранится в файле SpectrC\_cl.cfg.

```
;Configuration file for ConfigTool v1.0
;Do not modify this header
```

[P3902]

```
Адрес_STR="localhost"
ПортIP_U32=1234
Обсерватория_STR="Sv"
```

Адрес\_STR – TCP адрес компьютера, где установлена программа SpectrC\_v\_2\_1\_server, ПортIP\_U32 – порт TCP/IP, с которым работает SpectrC\_v\_2\_1\_server, Обсерватория\_STR – имя файла с параметрами обсерватории.

В программе отображаются текущие параметры настройки параметров наблюдения и указывается адрес и порт удаленного TCP/IP сервера (в случае если обе программы запущены на данном компьютере, адрес будет “localhost”). Для работы требуется загрузить файл заданий.

Формат файла заданий следующий:

«Дата старта» «Время старта» # «Дата завершения» «Время завершения» # «Название источника и координаты» # «код полосы видеоконвертора» # «код полосы БПФ спектрометра» # «Лабораторная частота линии, МГц» # «Лучевая скорость настройки, км/с» # «Аттенюатор видеоконвертора 1» # «Аттенюатор видеоконвертора 2».

Каждый следующий источник должен начинаться с новой строки. Символ «#» выполняет функцию разделителя. **Примечание! данный символ не может быть использован в имени источника.**

Коды полос конвертора: 0 – 0,25 МГц, 1 – 2 МГц, 2 – 8МГц, 3 – 16 МГц;

Коды полос спектрометра 0 – 32 МГц, 1 – 16 МГц, 2 - 8 МГц, 3 – 4 МГц, 4 – 2 МГц, 5 – 1 МГц, 6 – 0,5 МГц, 7 – 0,25 МГц, 8 – 0,125 МГц.

Пример содержимого файла-задания (*расширение файла должно быть \*.shd*):

```
07.01.2009 12:00:00 # 07.01.2009 12:13:00 # w3oh, 022316.33, 613857.70 #
0 # 6 # 1667,359 # -60,00 # 9 # 10
```

```
07.01.2009 12:15:00 # 07.01.2009 12:28:00 # w75s, 203715.00, 421212.00 #
2 # 1 # 1665,402 # -25 # 5 # 15
```

По мере работы на вкладках программы отображаются текущие настройки видеоконверторов и кассеты R3200. Время между началом наблюдения по расписанию и стартом записи составляет примерно 1,5 минуты. Текущий статус записи показан тумблером «Recording». Номер задания по списку отображается индикатором «Current schedule». Статус выполнения всего списка показан шкалой прогресса «Статус выполнения».

По завершению списка заданий или если время наблюдения всех источников в списке уже истекло, программа переходит в режим ожидания (отображается красным индикатором «Список заданий завершен») ввода нового списка заданий или завершения своей работы при нажатии на кнопку «Exit». Остановка выполнения задания осуществляется по нажатию на кнопку «Stop». **Внимание! Не следует останавливать задание когда идет запись (тумблер «Recording» включен). Кнопка «Exit» в режиме работы выключена. Поэтому перед выходом из программы следует дождаться завершения списка заданий или остановить выполнение заданий.**

## 2. Методика оперативного измерения чувствительности, шумовой температуры системы, КИП и SEFD

**SEFD** - (Source Equivalent Flux Density - поток эквивалентного источника с антенной температурой, равной шумовой температуре системы).

Независимо от диапазона измерения проводятся по единой технологии с помощью ПРМ (ЦРМ) и программы вычисления "среднего  $U_1$ ," и среднеквадратического отклонения  $\sigma_1$  (СКО) на участках записи с неизменным режимом.

Установить антенну на "холодную (где заведомо нет яркого источника) область" при заданных исследователем значениях азимута и угла места. Остановить антенну.

1. Включить модуляционный режим и записать с помощью ПРМ (ЦРМ) файл данных, длительностью не менее 1 минуты при времени интегрирования каждого отсчета 1 секунда, одинаковых для всех последующих измерений и вычислений. Точной компенсации не требуется, лишь бы не было амплитудной перегрузки ПРМ (ЦРМ) при измерениях. Вычислить по программе среднее  $U_1$  и СКО  $\sigma_1$ , (можно не сразу, а после завершения всех режимов измерений.)
2. Включить ГШ2 калибровки в немодулированном режиме и записать с помощью ПРМ (ЦРМ) файл, длительностью 1 минута. Аналогично п.1 вычислить с помощью программы среднее  $U_2$  и СКО  $\sigma_2$ .
3. Выключить ГШ2. калибровки, выйти на ближайший калибровочный источник с известным из каталога потоком  $S_1$ . ( $J_n$ ) и в режиме максимально точного сопровождения записать файл длительностью 1 минута. Вычислить по программе среднее  $U_4$  и СКО  $\sigma_4$ .
4. Закрыть модулятор и записать файл, длительностью 1 минута. Вычислить среднее  $U_3$  и СКО  $\sigma_3$ .
- 5 Вычислить чувствительность приемника:

$$\delta T = T_{ГШ2} \frac{\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_3^2}}{U_2 - U_1}, \text{ (К)}.$$

- 6 Вычислить шумовую температуру системы:

$$T_{ш} = T_{ГШ2} \frac{U_1 - U_3}{U_2 - U_1}, \text{ (К)}.$$

При изменениях масштаба шкалы ПРМ (ЦРМ) в ходе измерений необходимо учитывать коэффициент изменения масштаба.

7. Вычислить SEFD:

$$SEFD = S_1 \frac{U_1 - U_3}{U_2 - U_1}, \text{ (Jn)}$$

При длительном сопровождении "холодной" области изменения фона неба, равно как и дрейфы любого происхождения войдут как систематическая погрешность измерений, поэтому отдельные файлы измерений не должны быть длинными, а изменение текущего среднего для каждого режима измерений, по возможности, не должно превышать величины СКО.

**Для измерения КИП** необходимо вначале измерить антенную температуру источника  $T_{ист}$  (К) с известной плотностью потока. Для этого антенна наводится на соседний с источником участок неба. Этот сигнал примем за нулевой уровень. Затем включаем сигнал калибровки и фиксируем изменение уровня выходного сигнала  $\sigma_2 \sim T_{кал}$ , выключаем калибровку. После этого антенна наводится на выбранный источник, и фиксируем изменение уровня

выходного сигнала  $\sigma_1 \sim T_{\text{ист}}$ . Теперь вычисляем величину антенной температуры источника в градусах Кельвина:

$$T_{\text{ист}} (\text{К}) = T_{\text{кал}} (\text{К}) \alpha_1 / \alpha_2.$$

Вычисляем КИП антенны для данных угловых координат:

$$КИП = \frac{2kT_{\text{ист}}}{\pi r^2 F_{\text{ист}}} \approx 3,43 \frac{T_{\text{кал}} (U_4 - U_1)}{F_{\text{ист}} (U_2 - U_1)}$$

где  $k$  - постоянная Больцмана,  $r$  - радиус апертуры радиотелескопа. Точность получения величины КИП зависит от точности измерения величины калибровки. Так как КИП меняется при изменении угла места, необходимо знать угол места, на котором измерялось усиление.

Для получения зависимости КИП от угла места проводят измерение КИП по разным источникам, находящимся на разных углах места или наблюдают один и тот же источник на разных высотах. По результатам измерений строится зависимость КИП от угла места.

### 3. Методика выполнения измерений характеристик системы частотно-временной синхронизации

#### 1. Назначение МВИ

Настоящий документ устанавливает методику выполнения измерений основных метрологических характеристик СЧВС РСДБ-комплекса «Квazar-КВО»

#### 2. Условия измерений

2.1 Водородные стандарты частоты (ВСЧ) Ч1-80 должны находиться в специальном помещении, быть настроены на спектральную линию водорода и функционировать в рабочем режиме не менее 4-х суток.

2.2 Остальная аппаратура СЧВС должна исправно функционировать в рабочем режиме не менее 4-х часов.

#### 3. Методы измерений

3.1. Измерения нестабильности частоты стандартов выполняется путём их взаимных сличений с помощью фазового компаратора разностно-фазовым методом с умножением относительной разности частот.

3.2 Определение расхождений относительно UTC и погрешности привязки шкалы времени (ШВ) телескопа по сигналам ГНСС производится путём измерения методом дискретного счёта с помощью электронного счётчика интервалов времени между 1pps с выхода приёмника ГНСС и 1pps местной ШВ.

#### 4. Нормы погрешности измерений и приписанные характеристики погрешности измерений

4.1. Относительная нестабильность частоты ВСЧ Ч1-80 при времени измерения (осреднения) 100с и 1000с ... не более  $1 \cdot 10^{-14}$  и  $7 \cdot 10^{-15}$  соответственно.

4.2 Допускаемое расхождение ШВ телескопа относительно UTC (SU) не более +/-5мкс.

4.3 Погрешность привязки ШВ телескопа по сигналам ГНСС ГЛОНАСС/GPS не более 100нс..

#### 5. Типы средств измерений, вспомогательные устройства и их характеристики

2.1. При выполнении измерений используют:

- фазовый многоканальный компаратор типа VCH-315 с вносимой им нестабильностью частоты не более  $3 \cdot 10^{-15}$  и  $5 \cdot 10^{-16}$  за время измерения 100с и 1000с соответственно;-

приёмник ГЛОНАСС/GPS типа ПС-161 с опцией внешней опорной частоты 5МГц и выходом 1pps, синхронизированного относительно UTC с погрешностью не более +/- 50нс; электронный счётчик типа Ag53131A с разрешением 1нс.

#### 6. Операции по подготовке к выполнению измерений

7.1. При подготовке к выполнению измерений проводят работы в соответствии с РЭ РСДБ-комплекса «Квазар-КВО».

#### 7. Операции при выполнении измерений

8.1. При выполнении измерений SEFD выполняют следующие операции:

- из таблицы 1 выбрать имя источника, высота которого на момент измерений находится в диапазоне 30 - 70 градусов (см. окно «Список источников»),
- дать команду выхода на этот источник,
- дождаться появления сообщения «На источнике» в окне «Монитор антенны»,
- ввести команду «onoff» в окне «Operator input»,

дождаться окончания процесса измерений и записать величину SEFD из окна «Login shell» (см. Табл. 2), выбрав значение из колонки «SEFD», соответствующее значению i1 (диапазон 3,5 см), i2 (диапазон 13 см) в колонке «DE

#### 8. Операции обработки и вычислений результатов измерений

8.1. Обработка результатов измерений не требуется.

#### 9. Требования к оформлению результатов измерений

9.1. Результаты измерений оформляют записью в журнале по указанной ниже форме (Табл. 3).

Дата	Время				ФИО оператора	Подпись оператора

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Институт прикладной астрономии Российской академии наук (ИПА РАН) один из крупнейших астрономических институтов мира, проводит исследования в области новых методов астрометрии и геодинамики, эфемеридной астрономии, классической и релятивистской небесной механики, радиоастрономии и радиоинтерферометрии, космической геодезии и фундаментального координатно-временного обеспечения. Данные исследования выполняются на радиоастрономических обсерваториях сети "Квазар-КВО" по международным и российским программам. Полноповоротные 32-метровые радиотелескопы, входящие в состав РСДБ-комплекса "Квазар-КВО" относятся к числу наиболее оснащенных сложной современной аппаратурой российских радиотелескопов нового поколения.

Радиоинтерферометрическая сеть нового поколения "Квазар-КВО" позволяет решать сложные задачи и проводить исследования в следующих направлениях:

1. Исследования в области астрометрии, эфемеридной астрономии, классической и релятивистской небесной механики, геодинамики и космической геодезии.
2. Исследования в области радиоастрономии и радиоинтерферометрии со сверхдлинными базами, включая радиоастрономическое приборостроение.
3. Изучение динамики больших и малых тел Солнечной системы, в том числе астероидов и комет, сближающихся с Землей.
4. Исследования в области фундаментального координатно-временного и навигационного обеспечения, включая глобальную спутниковую навигационную систему ГЛОНАСС.
5. Построение фундаментальных небесных и земных систем отсчета и определение параметров вращения Земли.

6. Разработка астрономического программного и информационного обеспечения и средств автоматизации астрономических исследований.
7. Эксплуатация и модернизация аппаратно-программных средств радиоинтерферометрического комплекса "Квазар-КВО", включая средства наблюдения навигационных и геодезических ИСЗ.