

**ФИЗИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ ДЛЯ ЭКОЛОГИИ,
МЕДИЦИНЫ, БИОЛОГИИ**

УДК 520.272.5: 520.274

ПРИЕМНАЯ СИСТЕМА ПЕРЕДВИЖНОЙ РСДБ-СТАНЦИИ

**©2026 г. М. Б. Зотов*, Ю. В. Векшин, А. С. Лавров, М. А. Маслов,
И. А. Поздняков, Е. Ю. Хвостов**

Институт прикладной астрономии Российской академии наук

Россия, 191187, Санкт-Петербург, наб. Кутузова, 10

**e-mail: zmb@iaaras.ru*

Поступила в редакцию 13.01.2026 г.

После доработки 03.03.2026 г.

Принята к публикации 20.03. 2026 г.

Представлена двухдиапазонная (S+X) приемная система для передвижной РСДБ-станции. Входной диапазон частот в S-диапазоне составляет 2.2–2.6 ГГц, в X-диапазоне равен 8.2–9.1 ГГц. Диапазон частот на выходе приемной системы составляет 0.1–1 ГГц. В работе представлены функциональная схема приемной системы и компоновка криогенного приемного фокального блока (КПФБ). Рассмотрены структура и принцип работы КПФБ. Приведены расчетные и измеренные характеристики приемной системы и КПФБ. Рассмотрены структура, состав и принцип работы системы электропитания, управления и телеметрии приемной системы.

1. ВВЕДЕНИЕ

Для оснащения компактного радиотелескопа с диаметром зеркала 4 м передвижной станции на основе радиоинтерферометрии со сверхдлинными базами (РСДБ) была создана двухдиапазонная (S+X) приемная система, которая обеспечивает совместную работу с радиотелескопами сети “Квазар-КВО” [1]. Приемная система состоит из двухдиапазонного криогенного приемного фокального блока (КПФБ), криогенно-вакуумной системы, блоков преобразования частоты (БПЧ), блока генераторов шума (БГШ) и системы управления, электропитания и телеметрии (СУЭТ). Схема приемной системы представлена на рис. 1.

Рис. 1. Функциональная схема приемной системы передвижной РСДБ-станции

Разработанная приемная система выполняет прием, усиление сигналов правой и левой круговых поляризаций S-диапазона (2.2–2.6 ГГц) и X-диапазона (8.2–9.1 ГГц) частот и их преобразование в полосу промежуточных частот (0.1–1 ГГц).

В разработанной конструкции применяются два S+X-БПЧ, по одному для каждой поляризации принимаемого сигнала, обеспечивающие усиление сигнала и преобразование в полосу промежуточных частот (0.1–1 ГГц) [2]. Блок генераторов шума с генератором пикосекундных импульсов (ГПИ) формируют сигналы амплитудной и фазовой калибровок (T_{cal} , P_{cal}). Конструктивно БГШ и БПЧ аналогичны используемым на радиотелескопах РТ-32 [3,4], поэтому в данной работе они рассмотрены не будут. С выхода приемной системы сигналы поступают на модули сопряжения [5], а затем на широкополосную систему преобразования сигналов (ШСПС) [6]. ШСПС выполняет преобразование сигналов промежуточных частот в цифровые потоки данных для их передачи по волоконно-оптической линии связи в систему буферизации данных и далее в центр корреляционной обработки. Когерентность частотных преобразований и синхронизацию элементов приемной системы обеспечивает система частотно-временной синхронизации.

Для электропитания, дистанционного управления приемной системой и контроля за параметрами работы ее узлов была разработана система управления, электропитания и телеметрии.

2. КРИОГЕННЫЙ ПРИЕМНЫЙ ФОКАЛЬНЫЙ БЛОК

Криогенный приемный фокальный блок является основным блоком приемной системы, обеспечивающим прием и первоначальное усиление принимаемого сигнала, он главным образом влияет на шумовые характеристики всей приемной системы и в совокупности с временем накопления и шириной рабочей полосы частот определяет чувствительность радиотелескопа. На рис. 2 представлена функциональная схема КПФБ. Он размещается в фокальной области радиотелескопа РТ-4 передвижной РСДБ-станции конструктивно обеспечивает совпадение фазового центра облучателя с фокусом антенной системы. Двухдиапазонный S+X-облучатель размещается внутри полости криостата и охлаждается до температуры 80 К.

Рис. 2. Функциональная схема КПФБ

В S-диапазоне диаграмма направленности (ДН) облучателя формируется коническим рупором с пятью продольными дроссельными канавками. В X-диапазоне ДН облучателя формируется круглым волноводом диаметром 26.4 мм с конической диэлектрической вставкой. Длина внешней части вставки 70 мм.

В S-диапазоне формирование круговых поляризаций обеспечивается двумя 180-градусными мостами 90-градусным мостом, охлаждаемыми до температуры порядка 20 К (аналогичная схема описана в работе [7]). В X-диапазоне сигналы с выхода облучателя подаются на

охлаждаемый входной волноводный тракт. Он представляет собой гибридное соединение, в котором разделитель поляризаций и коаксиальные волноводные переходы конструктивно объединены. Соединение входа разделителя поляризаций с облучателем антенны происходит через волноводный переход со встроенным направленным ответвителем (НО). Для обеспечения тепловой развязки между облучателем, охлаждаемым до температуры жидкого азота, и разделителем поляризаций (находящимся при температуре 15 К) волноводный переход выполнен составным из материалов с различными теплопроводностями.

При разработке КПФБ особое внимание было уделено компоновке и его внутреннему устройству. За основу был взят двухступенчатый микроохладитель МСМР-180 отечественного производства (АО “НТК “Криогенная техника”, www.cryontk.ru), работающий на замкнутом газовом цикле Гиффорда–МакМагона. Были смоделированы несколько конфигураций КПФБ (см. рис. 3), главным образом моделировалось размещение облучателя, как наиболее массивного элемента.

Рис. 3. Модели различной конфигурации КПФБ

В табл. 1 приведено сравнение различных конфигураций КПФБ в зависимости от положения облучателя.

Таблица 1. Сравнение характеристик различных конфигураций КПФБ

Ожидаемые характеристики	КПФБ с “теплым” облучателем	КПФБ с облучателем на 2-й ступени МО (20 К)	КПФБ с облучателем на 1-й ступени МО (80 К)
$T_{ш}$ в X-диапазоне, К	34	21	23
$T_{ш}$ в S-диапазоне, К	52	20	23
Габариты криостата, мм ²	300 × 320	300 × 500	300 × 500
Габариты КПФБ, мм ²	360 × 990	360 × 830	360 × 830
Масса КПФБ, кг	39	47	46
Нагрузка на 1-ю ступень МО, кг	3.3	3	6
Нагрузка на 2-ю ступень МО, кг	1.2	4.4	1.4
Время выхода на криогенный режим, ч	3–5	10–20	5–10

Примечание. $T_{ш}$ – шумовая температура КПФБ.

Отметим, что конфигурация с “теплым” облучателем обладает наименьшим временем выхода на криогенный режим, что обусловлено меньшей тепловой нагрузкой и меньшим объемом криостата. При этом такая конфигурация обладает значительно более высокой шумовой температурой и большими габаритными размерами КПФБ из-за наличия дополнительных гермовводов между облучателем и охлаждаемым приемным трактом. Поэтому наибольший интерес представляют конфигурации с охлаждаемым облучателем. Однако здесь авторы столкнулись со сложностью охлаждения столь массивного элемента в ограниченных условиях передвижной станции. Были смоделированы несколько вариантов КПФБ. Их можно разделить на две группы по ступеням, на которую нагружен облучатель, при этом габариты таких КПФБ будут меньше, чем таковые в конфигурациях с “теплым” облучателем, благодаря возможности установить облучатель в полости криостата. Вариант с облучателем на второй ступени охлаждения дает незначительный выигрыш в шумовой температуре, при этом он требует использования значительно более производительной и дорогой криогенной машины (например, RDK408S/S2 производства SHICryogenics, Япония) и увеличивает время выхода на криогенный режим. Таким образом, конфигурация КПФБ с облучателем на первой ступени МО выглядит оптимальной с точки зрения шумовой температуры, габаритов и времени выхода на режим. Она позволяет наиболее равномерно распределить тепловую нагрузку между ступенями МО.

На рис.4, 5 представлена выбранная конфигурация КПФБ без корпуса и азотного экрана.

Рис. 4. КПФБ без корпуса и азотного экрана

Рис. 5. Корпус и азотный экран КПФБ

Облучатель X-диапазона 1 совмещается с облучателем S-диапазона 2. Соосность и совпадение фазового центра обеспечиваются фланцем 3, который с помощью семи медных стоек 4 прикрепляется к корзине 5. Корзина 5 имеет тепловое замыкание на первую ступень микроохладителя (МО). Корзина крепится к интерфейсному фланцу КПФБ 7 с помощью стальных теплоизолированных стоек 8. Сигналы круговых поляризаций в S-диапазоне формируются согласно схеме на рис. 2 с помощью системы мостов 9–11. Затем сигнал поступает на охлаждаемые малозумящие усилители (ОМШУ) 12, совмещенные с направленными ответвителями (НО) и вентилями, которые размещаются на фланце-хладоводе второй ступени микроохладителя 13. Здесь же размещаются узлы X-диапазона: разделитель поляризаций 14, НО 15, вентили и ОМШУ 16. Сигналы с выхода ОМШУ через теплоперехват 17 поступают на интерфейсный фланец 7. Теплоперехват 17 существенно уменьшает теплопритоки от интерфейсного фланца (находящегося при температуре 300 К) к ОМШУ

(температура которого составляет 20 К). На интерфейсном фланце также размещаются вакуумный вентиль, датчик вакуума, фланец с СВЧ-гермовводами и разъемы питания. МО 18 крепится к интерфейсному фланцу.

На первой и второй ступенях МО размещается по одному адсорбционному крионасосу 19. Крионасосы, расположенные на разных ступенях, захватывают молекулы разных остаточных газов: на первой (60–100К) – молекулы водяного пара и “тяжелых” газов, на второй (10–20К) – молекулы аргона, азота и кислорода.

Ввод сигналов амплитудной и фазовой калибровок во входной тракт приемной системы в S-диапазоне осуществляется через встроенный НО 12, а в X-диапазоне сигнал вводится до разделителя поляризаций через систему зондов 15 в волноводный тракт. НО в S-диапазоне выполнен в едином корпусе с ОМШУ. В КПФБ для каждого диапазона частот реализован один канал для ввода калибровки. В S-диапазоне для разделения сигнала калибровки на две поляризации используется СВЧ-делитель 20, размещенный на первой ступени МО (имеющей температуру 80 К). В X-диапазоне такого разделения не требуется благодаря конструкции НО 15.

Облучатель температурно нагружен на первую ступень МО, отвод тепла от облучателя к МО обеспечивается с помощью медных стоек 4, гибких хладоводов 21 и азотного экрана 24. Контроль криогенных температур обеспечивается диодными датчиками температуры с использованием четырехпроводной схемы подключения. Датчики расположены таким образом, чтобы контролировать температуру на облучателе 2 (датчик 22), на ОМШУ (на фланце-хладоводе второй ступени МО 13) и на корзине первой ступени МО 5.

Для уменьшения теплопритока к основным элементам КПФБ за счет ИК-излучения от корпуса 23 элементы укрываются азотным ИК-экраном 24 (рис. 4). Экран 24 крепится к корзине первой ступени МО 5 с одной стороны и к облучателю с другой. Он выполнен из меди толщиной 0.5 мм и выполняет функцию отвода тепла от облучателя, кроме того, он увеличивает жесткость всей конструкции за счет своей конусной формы. Корпус криостата выполнен из нержавеющей стали толщиной 0.8 мм с продольными и поперечными ребрами жесткости.

Поскольку охлаждаемые элементы КПФБ располагаются в полости вакуумной камеры криостата, для ввода и вывода СВЧ-сигналов должен использоваться специальный гермоввод. Был разработан гермоввод, состоящий из двух фланцевых разъемов с цанговым центральным проводником, соединенных навстречу друг другу на пластине с запаянным герметичным СВЧ-вводом. Было проведено электродинамическое моделирование, которое позволило рассчитать оптимальную геометрию такого соединения, уменьшающую вносимые потери в требуемых

частотных диапазонах. Это достигается с помощью согласующих выточек определенной формы в местах соединения разъемов.

Для работы КПФБ необходимо иметь по три герметичных разъема для каждого диапазона: один на ввод калибровочного сигнала и два на вывод сигналов, соответствующих правой и левой круговым поляризациям. В результате на одной пластине необходимо расположить 6 герметичных СВЧ-вводов. Для этого была предложена конструкция, изображенная на рис.6.

Рис. 6. 6-портовый гермоввод КПФБ. Конструкция показана в разрезе

Сравнение результатов измерений характеристик разработанного гермоввода и гермоввода фирмы Huber+Suhner 34_SMA-50-0-3 представлено на рис.7. На графиках видно, что в диапазоне 2–10 ГГц характеристики практически не различаются, а на некоторых участках КСВН разработанного гермоввода даже лучше, чем КСВН покупного аналога.

Рис. 7. Результаты сравнения измеренных характеристик сборки гермоввода и фирменного аналога

3. СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ, ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ И ТЕЛЕМЕТРИИ

Система управления, электропитания и телеметрии (СУЭТ) предназначена для электропитания узлов приемной аппаратуры радиотелескопа РТ-4 и управления режимами работы ее узлов. СУЭТ также имеет возможность выполнять различные измерения рабочих параметров узлов приемной аппаратуры, в том числе дистанционно. Это позволяет проводить различные диагностические тесты для обнаружения неисправностей аппаратуры, а также исследовать свойства приемной аппаратуры, влияние на аппаратуру различных факторов окружающей среды и др. без использования измерительной аппаратуры. Глубокий охват управляемых узлов и систем радиотелескопа РТ-4 позволяет организовать проведение различных процедур подготовки к радиоастрономическим наблюдениям в автоматическом режиме. Блок-схема СУЭТ приведена на рис. 8.

Рис. 8. Блок-схема системы управления, электропитания и телеметрии

Блок питания СУЭТ вырабатывает напряжение +24 В, необходимое для питания блоков приемника, а также их термостатов. С целью предотвращения влияния работы термостатов на приемную аппаратуру термостаты питаются от выделенного AC/DC-преобразователя. Также блок питания обменивается данными с вакуумметром, управляет вакуумным насосом и имеет датчик параметров окружающей среды (температура и влажность воздуха).

Блок управления осуществляет коммутацию питающих напряжений блоков приемника и их вентиляторов, управляет напряжениями питания ОМШУ КПФБ, осуществляет управление

режимами работы БПЧ, БГШ и ГПИ, а также выполняет диагностику состояния их узлов. Блок управления оснащен датчиком параметров окружающей среды.

Концентратор Ethernet объединяет блок питания, блок управления и другие устройства в локальную сеть радиотелескопа РТ-4. Блок питания и блок управления обмениваются сообщениями с программой управления приемником РТ-4, которая выполняется на центральном управляющем компьютере радиотелескопа. Обмен данными между центральным управляющим компьютером радиотелескопа и блоками СУЭТ регулируется протоколом обмена.

Протокол обмена информацией основан на аналогичных протоколах, применяемых на радиотелескопах РТ-32 и РТ-13. Протокол определяет порядок обмена сообщениями, типы сообщений, команды управления устройствами и содержание ответных сообщений. Команда управления представляет собой короткое сообщение, содержащее код команды (1 байт) и информационное поле длиной 4 байта. Таким образом, можно одновременно изменять состояние и режим работы всех узлов управляемого устройства, а также передавать численные значения для управления, например, такими узлами, как аттенюаторы. Ответные сообщения устройств представляют собой сообщения о результате выполнения команды: код ошибки или информационное сообщение о состоянии устройства, конфигурации контроллера Ethernet и т.п.

Для управления аппаратурой СУЭТ используется программа управления, написанная на языке Python с применением библиотеки ttk для создания интуитивно понятного графического интерфейса пользователя (рис.9).

Рис. 9. Вид окна интерфейса блока управления СУЭТ

Для выбранного устройства в верхней половине окна отображаются режимы работы узлов, параметры их работы, значения контролируемых параметров: напряжения, токи потребления, температуры и т. п.

В нижней половине окна расположены элементы управления: кнопки, переключатели и поля ввода.

В программе управления реализованы принципы построения интуитивно понятных интерфейсов: органы управления и элементы индикации сгруппированы в соответствии с их функциональным назначением, а также для отображения различных состояний органов индикации и управления и диапазонов значений измеряемых величин используется цветовая кодировка. Применение интуитивно понятного интерфейса позволяет сократить время обучения операторов и снижает количество ошибок, допускаемых операторами при проведении наблюдений.

4. ХАРАКТЕРИСТИКИ КПФБ И ПРИЕМНОЙ СИСТЕМЫ

Зная значения усиления и потерь каждого узла, входящего в КПФБ, можно произвести вычисление эквивалентной шумовой температуры входа $T_{ш}$ различных узлов, а также общую шумовую температуру КПФБ $T_{ш \text{ КПФБ}}$ [8]. В табл. 2, 3 приведены расчеты $T_{ш \text{ КПФБ}}$ для разработанной приемной системы.

Таблица 2. Расклад $T_{ш}$ в X-диапазоне частот

Элемент	ВО	Облучатель	НО+РП	Вентиль	ОМШУ	Кабель	Гермоввод
$T_{\text{физ}}$, К	293	80	30	15	15	90	293
Вклад в общую $T_{ш}$, К	3.39	1.89	1.46	0.19	10.96	0.01	0.02
$T_{ш \text{ КПФБ}}$, К	17.9						
$G_{\text{КПФБ}}$, дБ	28.9						

Примечание. ВО – вакуумное окно, НО – направленный ответвитель, РП – разделитель поляризаций, ОМШУ – охлаждаемый малошумящий усилитель, G – коэффициент передачи, $T_{\text{физ}}$ – физическая температура, $T_{ш}$ – шумовая температура.

Таблица 3. Расклад $T_{ш}$ в S-диапазоне частот

Элемент	ВО	Облучатель	СФКП	Вентиль	МШУ	Кабель	Гермоввод
$T_{\text{физ}}$, К	293	80	20	15	15	90	293
Вклад в общую $T_{ш}$, К	3.39	1.89	8.54	0.25	5.92	0.01	0.01
$T_{ш \text{ КПФБ}}$, К	20.0						
$G_{\text{КПФБ}}$, дБ	29.6						

Примечание. Обозначения те же, что и в табл.2.

Данная оценка показала, что выбранные компоненты и конструкция КПФБ при использовании отечественной микрокриогенной системы МСМР-110Н-3,2/20 позволяют получить хорошие шумовые характеристики КПФБ (менее 20 К) при относительно небольших размерах криостата. При этом выбранная конструкция КПФБ позволила оптимально распределить хладопроизводительность и весовые нагрузки по ступеням МО. С учетом коэффициента усиления КПФБ и шумовой температуры БПЧ (около 500 К) расчетная шумовая температура приемной системы не должна превышать 19 и 21 К в X- и S-диапазонах частот соответственно.

Измерения $T_{ш}$ КПФБ проводились в составе приемной системы методом двух отсчетов с “холодной” и “теплой” нагрузками [9]. На вход облучателя устанавливалась широкоапертурная согласованная нагрузка, представляющая собой радиопоглощающий материал, помещенный в емкость для заполнения жидким азотом. Результаты измерений характеристик приемной системы передвижной РСДБ-станции представлены в табл. 4.

Таблица 4. Характеристики приемной системы

Канал	$F_{вх}$, ГГц	$F_{вых}$, ГГц	$T_{пр}$, К		$G_{пр}$, дБ	
			Расч.	Изм.	Расч.	Изм.
$S_{пр}$	2.2–2.6	0.1–0.5	21	16	58.9	58.0
$S_{лев}$	2.2–2.6	0.1–0.5	21	16	58.9	57.0
$X_{пр}$	8.2–9.1	0.1–1.0	19	17	61.6	59.6
$X_{лев}$	8.2–9.1	0.1–1.0	19	18	61.6	60.4

Примечание. $F_{вх}$ – входной диапазон частот, $F_{вых}$ – выходной диапазон частот, $T_{пр}$ – эквивалентная шумовая температура входа приемной системы, $G_{пр}$ – коэффициент усиления приемной системы.

Завышение расчетных значений $T_{пр}$ связано с уменьшением потерь входных элементов КПФБ (разделителя поляризаций, вентилях и мостов) при криогенных температурах относительно расчетных значений. При этом общий коэффициент усиления $G_{пр}$ меньше расчетного из-за потерь в СВЧ-кабелях между КПФБ и БПЧ. Коэффициент усиления приемной системы $G_{пр}$ (порядка 60 дБ) в совокупности с коэффициентом усиления модуля сопряжения [9] обеспечивают усиление более 80 дБ. Таким образом, достигаются минимальный вклад ШСПС в шумовую температуру системы радиотелескопа передвижной РСДБ-станции и достаточный уровень мощности на входе ШСПС.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В 2024 году была завершена разработка приемной системы для передвижной РСДБ-станции комплекса “Квазар-КВО”. Разработан и изготовлен двухдиапазонный криогенный приемный фокальный блок S+X-диапазонов частот. Уникальная конструкция КПФБ позволила осуществить охлаждение входных приемных каскадов и облучателя до криогенного уровня температур менее чем за 10 ч и обеспечить при этом величину шумовой температуры приемной системы менее 20 К в обоих диапазонах частот.

Для электропитания приемной системы на радиотелескопе передвижной РСДБ-станции, а также управления режимами работы ее узлов была разработана система электропитания и управления с интуитивно понятным программным интерфейсом.

На данный момент все блоки приемной системы, включая систему электропитания, управления и телеметрии, а также криогенно-вакуумную систему успешно смонтированы на радиотелескопе РТ-4 передвижной РСДБ-станции.

После установки приемной системы на радиотелескоп РТ-4 были проведены измерения ее шумовых характеристик. Шумовая температура приемной системы составила менее 18 К в обоих диапазонах частот. Полученные результаты хорошо согласуются с расчетными характеристиками. Данные результаты позволили нам приступить к планированию и реализации тестовых РСДБ-наблюдений с участием радиотелескопов комплекса “Квазар-КВО”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Shuygina N., Ivanov D., Ipatov A. et al.* // Geod.Geodyn. 2019. V. 10. № 2. P. 150. <https://doi.org/10.1016/j.geog.2018.09.008>
2. *Кольцов Н.Е., Мардышкин В.В., Маршалов Д.А., Евстигнеев А.А.* // Труды ИПА РАН.2012.№23. С. 224.<https://elibrary.ru/item.asp?id=20193563>
3. *Кольцов Н.Е., Маршалов Д.А., Мардышкин В.В., Федотов Л.В.* // ПТЭ. 2011. №6. С. 41.<https://elibrary.ru/item.asp?id=17057136>
4. *Евстигнеев А.А., Лавров А.С., Мардышкин В.В.* // Труды ИПА РАН.2010. № 21. С. 57.<https://elibrary.ru/item.asp?id=17071534>
5. *Крохалев А. В.* // Труды ИПА РАН. 2015. № 32. С. 21.<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27387325>
6. *Кольцов Н. Е., Федотов Л. В., Маршалов Д. А., Носов Е. В.,* // Известия вузов. Радиоэлектроника. 2014. № 41. С. 34.<https://elibrary.ru/item.asp?id=21600287>
7. *Иванов Д.В., Мардышкин В.В., Лавров А.С., Евстигнеев А.А.* // Труды ИПА РАН. 2013. № 27. С. 197.<https://elibrary.ru/item.asp?id=21511723>
8. *Noise Figure Measurement Accuracy –The Y-Factor Method.* Application Note 57-2. Agilent Technologies, Inc. 2004.
9. *Алмазов-Долженко К.И.* Коэффициент шума и его измерение на СВЧ. Москва: Научный мир, 2000.

ПОДПИСИ К РИСУНКАМ

- Рис. 1.** Функциональная схема приемной системы передвижной РСДБ-станции: КПФБ – криогенный приемный фокальный блок, БГШ – блок генераторов шума, БПЧ – блок преобразования частоты, ШСПС – широкополосная система преобразования сигналов, СЧВС – система частотно-временной синхронизации, ШПК – широкополосный преобразовательный канал, ФШС – формирователь шумового сигнала, ГПИ – генератор пикосекундных импульсов, RCP и LCP – правая и левая круговые поляризации, СУЭТ–система электропитания, управления и телеметрии, БУ – блок управления, ВОЛС – волоконно-оптическая линия связи, МС – модуль сопряжения.
- Рис. 2.** Функциональная схема КПФБ.
- Рис. 3.** Модели различной конфигурации КПФБ.
- Рис. 4.** КПФБ без корпуса и азотного экрана.
- Рис. 5.** Корпус и азотный экран КПФБ.
- Рис. 6.** 6-портовый гермоввод КПФБ. Конструкция показана в разрезе.
- Рис. 7.** Результаты сравнения измеренных характеристик фирменного аналога (1) и сборки разработанного гермоввода (2): **а** – КСВН, **б** – вносимые потери.
- Рис. 8.** Блок-схема системы электропитания, управления и телеметрии: КПФБ – криогенный приемный фокальный блок, БГШ – блок генераторов шума, БПЧ – блок преобразования частоты, ГПИ – генератор пикосекундных импульсов, ЛВС – локальная вычислительная сеть.
- Рис. 9.** Вид окна интерфейса блока управления СУЭТ.

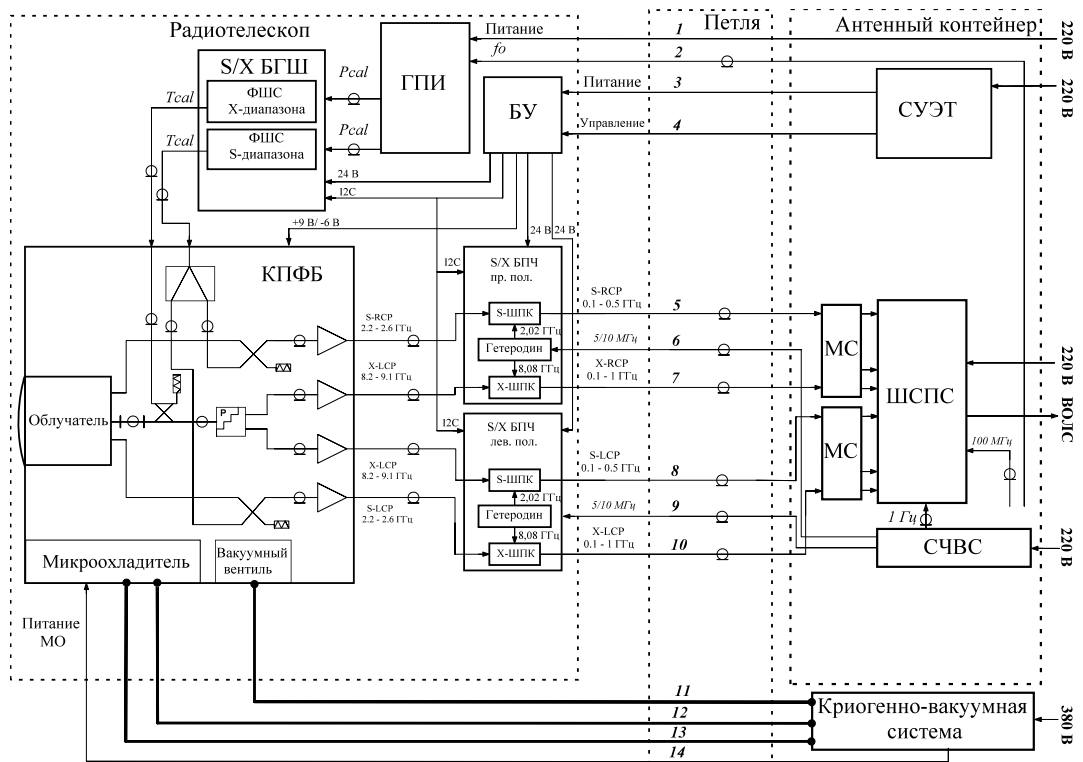


Рис. 1.

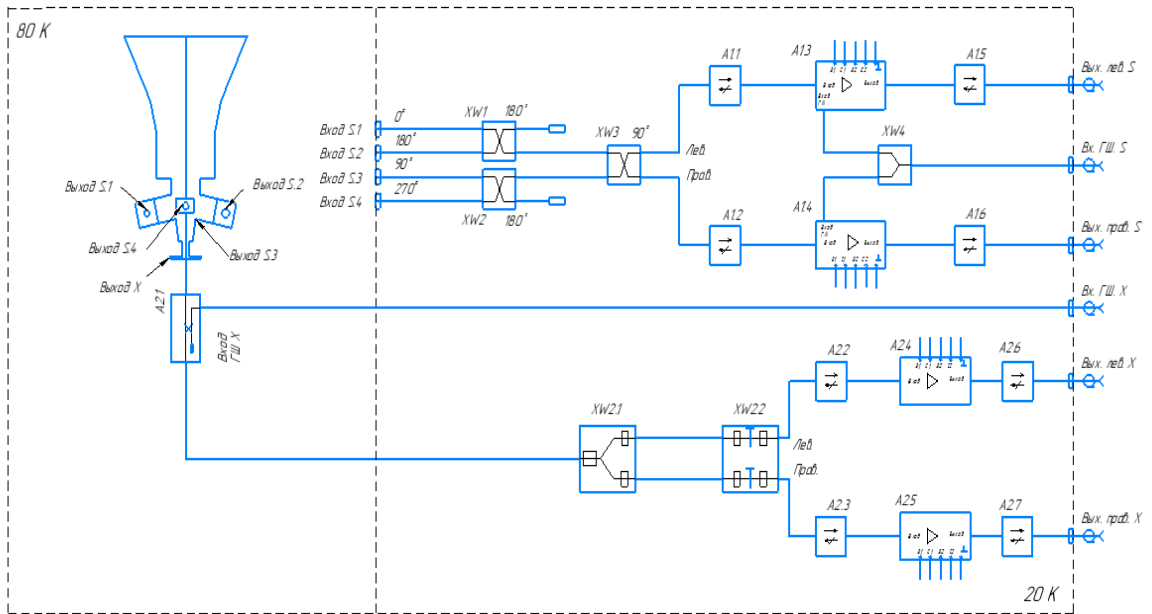


Рис. 2.



Рис. 3.

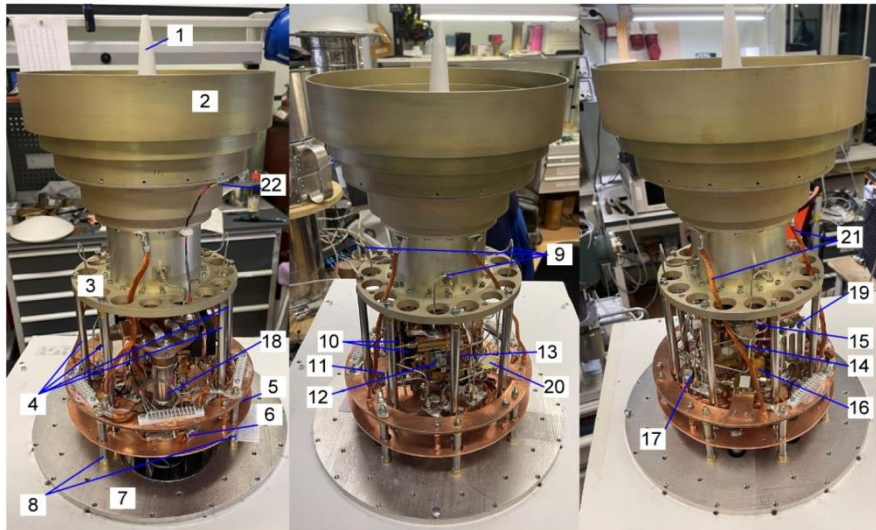


Рис. 4.

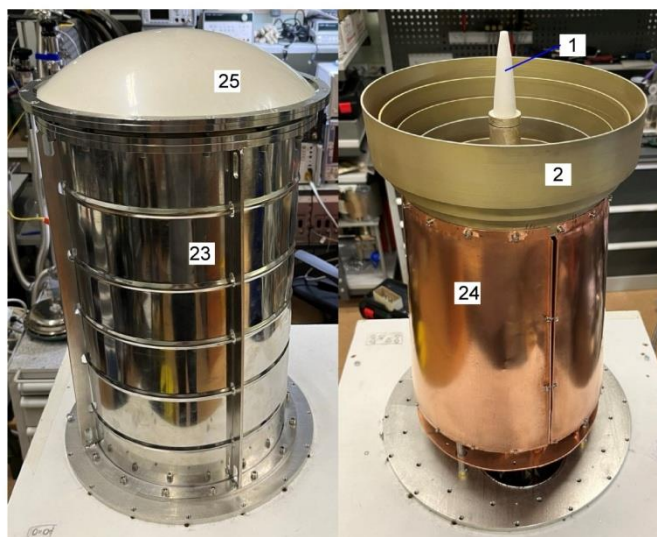


Рис. 5.

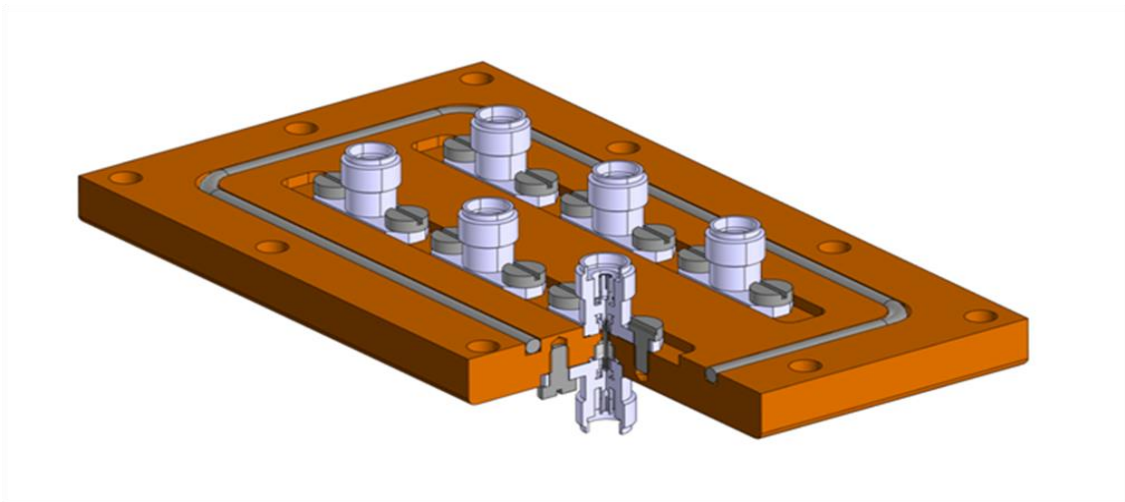
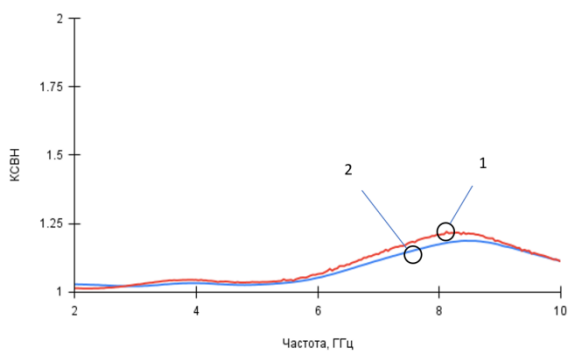
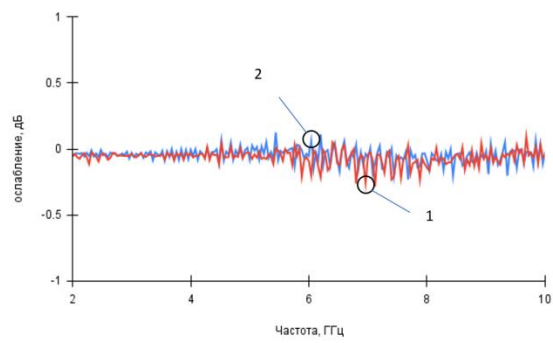


Рис. 6.



(а)



(б)

Рис. 7.

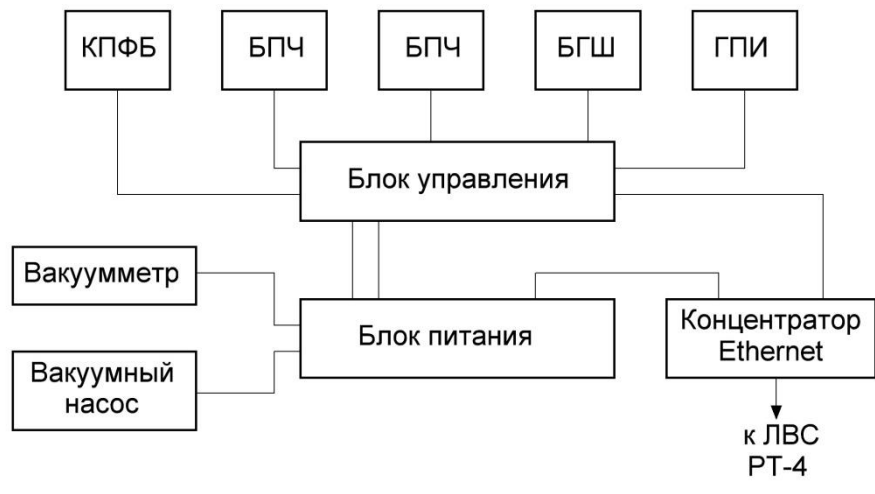


Рис. 8.

File ?

General options & info

Dev: UPPER
 Addr:
 Port: 10001
 Msg: Status
 Err: OK

Auto Ack.
 Auto Status Request ?? s

Write FS log

Server

Addr: 172.17.104.20
 Port: 10001
 Timeout: 2.0 s

Log progress
 Lower - ???
 Upper - ???
 CMS - ???
 CMS2 - ???

LOWER UPPER CMS CMS-WB/Ka

Status info

ETC	EXP7	MAX0	MAX1	INA0	SHT0	AD1	AD2	AD3	AD4	AD5	AD6	EXP0	EXP1	EXP2	EXP3	PLED
-----	------	------	------	------	------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------	------

Температура окружающей среды: 1.72 C
 Влажность окружающей среды: 97.58 %
 Счетчик рабочих часов: 1930.65 ч
 Вакуумный клапан: Закрыт 0.0 МА 1.0 В
 Питание БГШ: Вкл 24.558 МА 23.1 В
 Питание БПЧ-L: Вкл 574.0 МА 23.0 В
 Питание БПЧ-R: Вкл 537.2 МА 23.555 В

Питание ГПИ: Вкл
 Импульс ГПИ: Откл
 Частота импульсов ГПИ: 5 МГц

Термостат БГШ: Вкл
 Термостат БПЧ-L: Вкл
 Термостат БПЧ-R: Вкл

Криоблок

Крио 1: 270.7 K МШУ: +9В: Вкл 84.993 МА 8.974 В 11.04 C
 Крио 2: 270.0 K -6В: Нормы
 Крио 3: 270.8 K

БГШ

Вентилятор: Вкл
 Термостат: 18.50 C
 Корпус: 1.25 C

ГШ1: Откл Атт1: 0 [0]
 ГШ2: Откл Атт2: 1000 [1000]
 ГШ3: Откл Атт3: 0 [0]
 ГШ4: Откл Атт4: 1000 [1000]

БПЧ-LCP

Вентилятор: Вкл
 Термостат: 18.00 C
 Корпус: 2.50 C

Модулятор S: Открыт ШПК+5В ШПК+9В Гет.+5В Гет.+3.3В
 Модулятор X: Открыт ШПК+5В ШПК+9В Гет.+5В ШПК-5В

БПЧ-RCP

Вентилятор: Вкл
 Термостат: 18.75 C
 Корпус: 3.25 C

Модулятор S: Открыт ШПК+5В ШПК+9В Гет.+5В Гет.+3.3В
 Модулятор X: Открыт ШПК+5В ШПК+9В Гет.+5В ШПК-5В

General commands

СБРОС Подв. СТАТУС Версия Сеть Сброс NE Настройка

Commands

S-LCP		X-LCP		S-RCP		X-RCP		питание БПЧ-L	питание БПЧ-R	питание БГШ	питание МШУ
питание Гет.	питание ШПК	питание Гет.	питание ШПК	питание Гет.	питание ШПК	питание Гет.	питание ШПК	термо БПЧ-L	термо БПЧ-R	термо БГШ	
ГШ1		ГШ2		ГШ3		ГШ4		питание ГПИ	Импульс	1/~5 МГц	
Мод.-S-LCP		Мод.-X-LCP		Мод.-S-RCP		Мод.-X-RCP		Вентилятор БПЧ-L	Вентилятор БПЧ-R	Вентилятор БГШ	
Атт1: 0 Уст.		Атт2: 1000 Уст.		Атт3: 0 Уст.		Атт4: 1000 Уст.					
Зап.	Загр.	Зап.	Загр.	Зап.	Загр.	Зап.	Загр.				Вак. клапан PLED

QUIT

Рис. 9.