

УДК 523.164 : 522.2

## НЕПОДВИЖНЫЙ РАДИОТЕЛЕСКОП МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА ВОЛН

*В. Н. Глазман, А. Г. Кисляков, И. В. Мосалов*

Описана конструкция и приведены параметры неподвижной антенной системы, предназначенной для работы в миллиметровом диапазоне волн. Антenna состоит из параболического рефлектора и плоского отражателя. Размер параболического рефлектора  $25 \text{ м} \times 2 \text{ м}$ . Направление излучения антенной системы изменяется с помощью вращающегося плоского отражателя (от 2 до  $90^\circ$  по углу высоты) и путем перемещения облучателя ( $\pm 35^\circ$  от направления на юг). Разрешающая способность антенны по прямому восхождению составляет  $20''$  на волне  $\lambda = 2 \text{ мм}$ . Коэффициент использования поверхности антенны на  $\lambda = 2,3 \text{ мм}$  равен  $40 \pm 5\%$ .

Неподвижные антенные системы широко применяются в радиоастрономии на сантиметровых [1], дециметровых [2] и метровых [3] волнах. В этих антенах сравнительно простыми средствами достигнута довольно большая разрешающая способность по прямому восхождению и получена эффективная площадь, достаточная для исследования радиоизлучения дискретных источников и планет. Самым точным инструментом из перечисленных выше является Большой Пулковский радиотелескоп (БПР) [1]—так называемая антenna переменного профиля (АПП). В 1967 г. была произведена модернизация БПР, в результате которой удалось использовать его на волне  $\lambda = 8 \text{ мм}$  и достичь разрешающей способности по прямому восхождению около  $15''$  [4].

В Научно-исследовательском радиофизическом институте (г. Горький) был разработан проект неподвижного радиотелескопа, предназначенного для работы в области коротких миллиметровых волн ( $\lambda = 1 \div 4 \text{ мм}$ ). Конструкция антенны аналогична системе Крауса [3]. Антенны этого типа обладают некоторыми преимуществами перед АПП (простота в управлении направлением излучения, постоянство эффективной площади при изменениях ориентации антенны, возможность применения автоколлимационного метода контроля диаграммы направленности и т. д.).

При выборе размеров радиотелескопа были приняты во внимание следующие соображения. Для исследования распределений радиояркости наиболее крупных планет необходимо угловое разрешение порядка  $10''$ . На волне  $\lambda = 1 \text{ мм}$  такое разрешение достигается, если наибольший размер антенны составляет  $\geq 25 \text{ м}$ . Кроме того, учитывалось, что для уверенного приема радиоизлучения большого количества известных дискретных источников\* и почти всех планет солнечной системы на  $\lambda = 1 \text{ мм}$  достаточна чувствительность радиотелескопа по плотности потока радиоизлучения порядка  $10^{-26} \text{ вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{гц}^{-1}$ . Такой чувствительностью обладает радиотелескоп с эффективной площадью антенны  $20 \text{ м}^2$  и чувствительностью приемника  $0,01^\circ\text{K}$ . В настоящее время в литературе имеются сведения о приемниках на  $\lambda = 1 \text{ мм}$  с чувстви-

\* Плотности потоков их радиоизлучения оценивались путем экстраполяции спектров к  $\lambda = 1 \text{ мм}$ .

тельностью порядка  $0,01^{\circ}\text{K}$  [5, 6]. Таким образом, для исследований радиоизлучения планет и дискретных источников пригодна антenna с наибольшим линейным размером около  $25\text{ m}$  и геометрической площадью раскрыва  $50\text{ m}^2$ .

Ниже приводится краткое описание конструкции и изложены результаты испытаний двухзеркальной антенной системы, главное зеркало которой имеет размер  $25 \times 2\text{ m}^2$  и является симметричной «вырезкой» из параболоида вращения с фокусным расстоянием  $150\text{ m}$ . Направление излучения по углу места изменяется (в пределах  $2^{\circ}$ — $90^{\circ}$ ) путем наклона плоского зеркала с размерами  $25 \times 3\text{ m}^2$ , а по азимуту

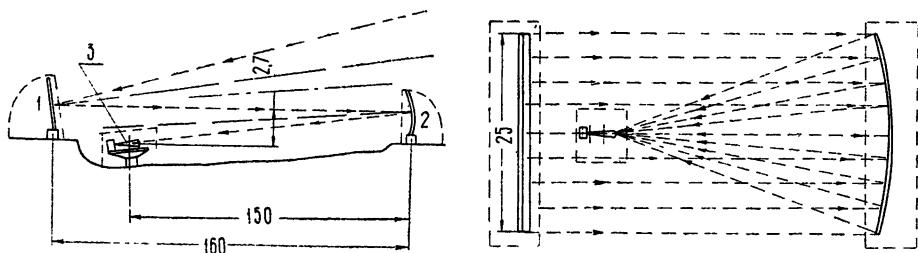


Рис. 1. Схема антенной системы: 1—плоский отражатель, 2—параболический рефлектор, 3—облучатель.



Рис. 2. Внешний вид РТ-25×2.

— путем смещения облучателя на  $\pm 1,5\text{ m}$  от оси системы, что соответствует изменению направления излучения на  $\pm 35'$  от меридиана. Схема антенны дана на рис. 1, а ее внешний вид показан на фотоз. Описываемый радиотелескоп находится в обсерватории «Зименки» Научно-исследовательского радиофизического института в г. Горьком.

## 1. КОНСТРУКЦИЯ АНТЕННЫ

Основные причины возникновения отклонений рабочей поверхности зеркальной антенны от «идеальной» — весовые и тепловые деформации. Весовые деформации можно уменьшить до необходимого предела, если сделать конструкцию зеркала достаточно жесткой. Очевидно, что при создании неподвижной антенны это достигается довольно просто, так как нет особых ограничений на вес конструкции.

Для ослабления тепловых деформаций отражающие поверхности обычно делают многосекционными и принимают меры для предохранения конструкций от неравномерного нагрева. Описываемая антenna также сделана многоэлементной (каждый рефлектор состоит из 17 секций), а для защиты от неравномерного солнечного нагрева отражатели помещены в павильоны.

Перейдем теперь к описанию отдельных элементов антенны и метода создания точной поверхности.

*а) Параболический рефлектор.* Секции, образующие параболический рефлектор, устанавливались на железобетонном фундаменте, который был сделан (с целью уменьшения тепловых деформаций фундамента) в виде «гребенки» на общем основании. Каждая секция имеет размер  $1,5 \times 2 \text{ м}^2$  и состоит (рис. 3) из каркаса с обшивкой 1, базо-

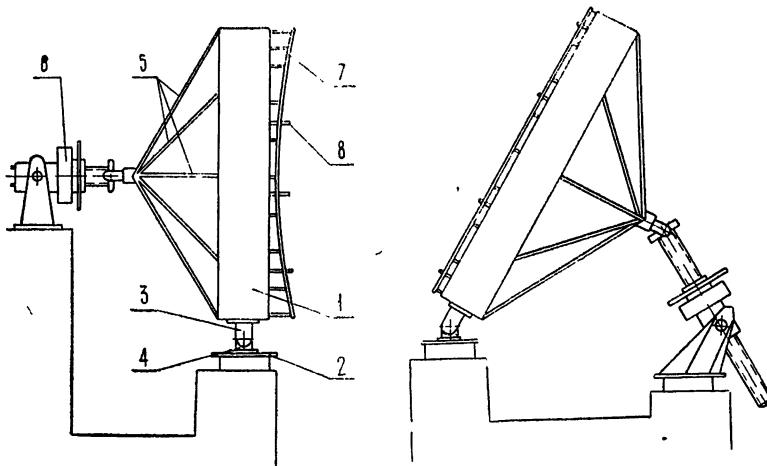


Рис. 3. Секции параболического и плоского рефлекторов.

вой плиты 2, верхней опорной щапы 3, нижней опорной цапфы 4, тяги 5 и механизма наклона 6. Каркас выполнен из стандартного уголка  $45 \times 45$ . После сварки каркасов они были отожжены и подвергнуты искусственному старению (во избежание остаточных деформаций).

Обшивка (собственно отражающая поверхность) выполнена из листа АМЦАП толщиной 3 мм и крепится на каркасе с помощью 96 опорных стержней 7 (рис. 3). Положение опорных стержней может регулироваться. Установка их на каждой секции производилась с помощью поверочной линейки с уровнем\*. Точность установки стержней относительно некоторой плоскости  $\pm 0,02 \text{ мм}$ . С этой точностью концы опорных стержней совпадали с точками параболоида вращения\*\*. Поверхность обшивки, укрепленной на опорных стержнях, принимала форму параболоида вращения. Неровности листа обшивки устраивались путем правки вручную. На каждой секции имелись также реперы 8 (рис. 3), установленные с точностью  $\pm 0,01 \text{ мм}$  в одной плоскости и предназначенные для контроля деформаций каркаса. Контроль поверхности относительно стержней осуществлялся с помощью приспособления, аналогичного по своему устройству сферометру. Среднеквадратичная ошибка поверхности отдельной секции составляет, по измерениям, не более  $0,05 \div 0,07 \text{ мм}$ .

Базовая плита с подрамником служит для установки секций на фундаменте. После взаимной юстировки базовых плит (рис. 4), когда их задние грани располагаются по одной прямой ( $L$ ), плоскости ( $M$ ) плит выверяются в одну плоскость, а также устанавливаются расчетные расстояния ( $K$ ) между плитами, вершина углов на передней грани плит располагаются по параболе. В то же время отражающая поверх-

\* Подробному описанию методики создания точной поверхности антенны будет посвящена другая статья.

\*\* На размерах секции можно пользоваться с достаточной точностью сферической поверхностью с радиусом  $2F$ , где  $F$  — фокусное расстояние параболоида.

ность на каждой секции рефлектора сопряжена с базовыми плитами таким образом, что вершины углов на передних гранях базовых плит являются горизонтальными проекциями соответствующих точек поверхности секций. Следовательно, взаимная юстировка базовых плит автоматически приводит к согласованию между собой элементов поверхности.

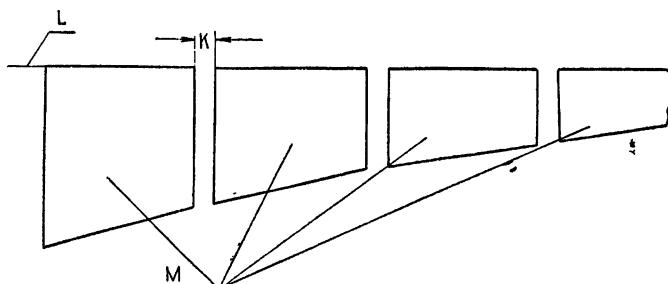


Рис. 4. Схема расположения базовых плит.

Естественно, что, кроме взаимной юстировки базовых плит, необходимо установить одинаковый наклон всех секций. Угол наклона параболического рефлектора устанавливался с помощью приспособления (рис. 5) с квадрантом КО-10. Точность установки углов наклона секций

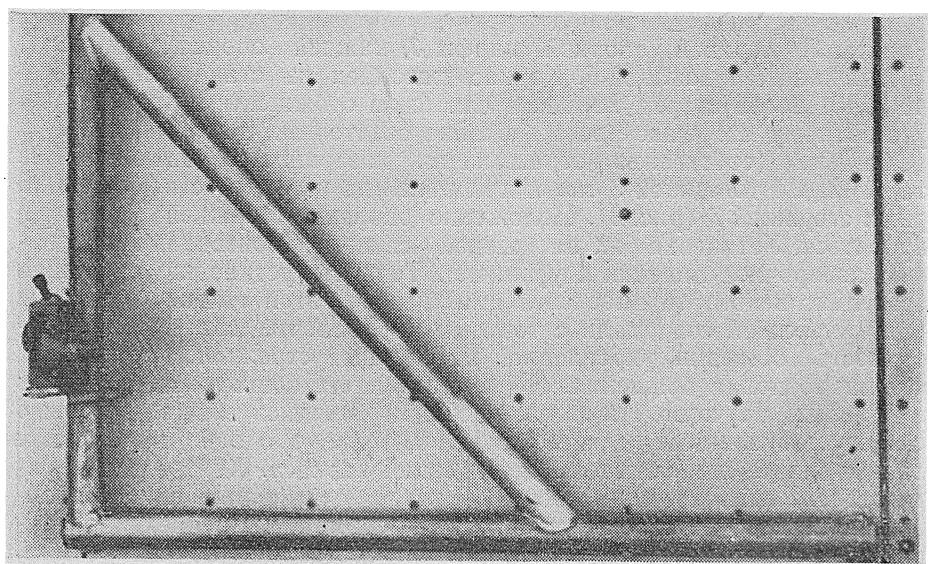


Рис. 5. Приспособление с квадрантом КО-10 для установки угла наклона плоских секций.

относительно друг друга контролировалась тем же приспособлением, но по брусковому уровню с точностью  $\pm 1''$ . Взаимная юстировка базовых плит производилась с помощью специальных приспособлений по разработанной методике, в основу которой положено совместное использование высокоточных оптических приборов (оптическая линейка ИС-36, автоколлиматор АКМ-100) с универсальными измерительными средствами (индикатор часового типа, брусковый уровень и т. п.).

Как уже упоминалось выше, параболический рефlector помещен

в павильон (консольный навес) для предохранения от неравномерного солнечного нагрева (см. рис. 2)

*б) Плоский отражатель.* Конструкция плоского отражателя не имеет принципиальных отличий от конструкции параболического рефлектора. Размеры секций плоского отражателя больше  $—1,5 \times 3 \text{ м}^2$ . Опорные стержни (их на плоской секции 128) выставлялись в одной плоскости. Базовые плиты одинаковы для каждой секции, расстояния между ними нет необходимости устанавливать точно; плиты служат только для выверки соосности цапф, оси которых с высокой точностью привязаны к поверхности каждой секции.

Некоторые отличия имеет и механизм наклона, позволяющий наклонять секции на  $45^\circ$  от их вертикального положения (см. рис. 3). Этот механизм состоит из винта и гайки с укрепленным на ней штурвалом (рис. 3). В тех случаях, когда необходимо наклонять отражатель на большие углы, вращение штурвала осуществляется электродвигателем специального переносного механизма. Отсчет угла наклона производится с помощью квадрантов К-10, устанавливаемых на полках секций. Точность установки рефлектора в целом определяется точностью отсчета углов на квадранте ( $\pm 10''$ ).

Плоский отражатель также расположен в павильоне. Чтобы крыша павильона не затеняла отражателя, когда нормаль к его поверхности составляет  $\sim 45^\circ$  с направлением на зенит, часть крыши выполнена в виде подвижного козырька. Во время работы радиотелескопа оба павильона открыты. Для защиты от осадков имеются откидные щиты.

Метод юстировки плоского отражателя полностью аналогичен описанному в предыдущем разделе.

*в) Облучатели и устройство для сканирования.* Для облучения зеркала на волнах от 1,3 до 4,3 мм были разработаны четыре рупорно-линзовых антенны. Каждая из антенн рассчитывалась из условия оптимального облучателя параболического зеркала ( $-10 \text{ дБ}$  на краю) на волнах 1,3; 2,3; 3,4 и 4,1 мм. Длина рупоров была сделана достаточно большой для того, чтобы облегчить изготовление корректирующих линз и обеспечить достаточно малые потери в них.

Корректирующие линзы изготавливались из диэлектрика с достаточно малыми электрическими потерями (фторопласта и полистирола). Расчет линз производился по известным формулам [7] с помощью ЭВМ.

Облучатели располагались таким образом, что их раскрыты совпадали с фокальной плоскостью параболического зеркала. Стол с облучателями, на котором предусмотрено также размещение высокочастотных блоков радиометров, укреплен на суппорте токарного станка. Суппорт приводится в движение с помощью гидропривода и может смещаться в плоскости, параллельной фокальной, на  $\pm 1,5 \text{ м}$  от оси параболического зеркала. При этом автоматически сохраняется ориентация облучателя на центр зеркала.

Весь механизм перемещения облучателя установлен на железобетонном фундаменте и размещен в боксе. Стенка бокса, обращенная к параболическому рефлектору, имеет проем  $2,2 \times 5 \text{ м}^2$ , закрывающийся откидными щитами.

## 2. РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ РАДИОТЕЛЕСКОПА

Исследования характеристик антennы производились двумя методами: путем измерений распределения поля в фокальной плоскости зеркала, облученного с помощью генератора, а также на основании измерений температур антennы при радиоастрономических наблюдениях Солнца и Венеры.

*a) Измерение диаграммы направленности атены.* Испытания РТ-25 × 2 производились методом автоколлимации, широко известным и используемым в оптике [8]. Применительно к радиотелескопам этот метод был рассмотрен в работе [9]. Диаграмма направленности антенной системы, обладающей плоским отражателем, может быть сравнительно просто определена при условии, что отражатель установлен перпендикулярно оси параболического зеркала, облучаемого из точки в фокальной плоскости, несколько смещенной от оси зеркала. Распределение поля в симметричной относительно оси параболоида точке фокальной плоскости совпадает с диаграммой направленности антенны в дальней зоне, при этом смещение в фокальной плоскости  $d$  связано с угловым размером диаграммы направленности простым соотношением  $\varphi = d/F$ , где  $F$  — фокусное расстояние параболоида.

Осенью 1968 г. испытания РТ-25 × 2 проводились на волне 4,1 мм. Облучение зеркала осуществлялось с помощью рупора с диаграммой направленности шириной около  $20^\circ$  по точкам половинной мощности. Распределение поля измерялось с помощью радиометра 4-миллиметрового диапазона, входом которого служил открытый конец волновода. В качестве генератора использовалась ЛОВ типа ОВ-13 [10]. Частота ее сканировалась для обеспечения стабильного приема сигнала с помощью сравнительно узкополосного приемника радиометра.

В процессе измерений генератор вместе с облучателем оставались неподвижными, а приемник, расположенный на подвижном столе, автоматически смещался в плоскости, параллельной фокальной. Величина сигнала регистрировалась с помощью самописца. На рис. 6 приведена типичная кривая, полученная таким способом. Размер «фокального пятна» соответствует диаграмме направленности РТ-25 × 2 шириной  $\Delta\varphi = 40'' \pm 4''$  по точкам половинной мощности\*. С учетом инерционности радиометра  $\Delta\varphi = 38'' \pm 4''$ . Расчет ширины главного лепестка антенны для случая равномерного облучения дает величину  $\Delta\varphi = 36''$ , что (в пределах ошибки эксперимента) не отличается от измеренного значения  $\Delta\varphi$ . Уровень наблюдавшихся боковых лепестков близок, как следует из теории антенн [7], к ожидаемому при условии равномерного облучения антенны.

Весной 1969 г. производились аналогичные испытания РТ-25 × 2 на волне 2 мм. При этом в качестве генератора ис-

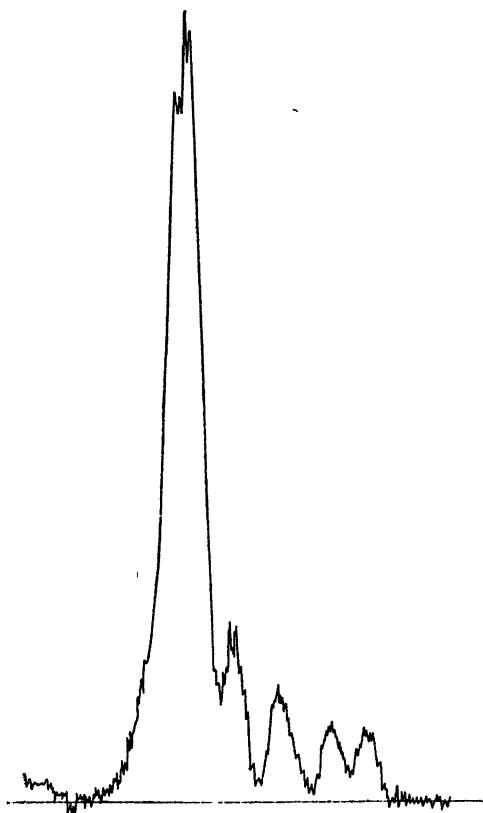


Рис. 6. Распределение поля в фокальной плоскости зеркала на  $\lambda = 4,1$  мм.

\* Речь идет о размере диаграммы в азимутальной плоскости.

пользовалась ЛОВ типа ОВ-22 [10], а в качестве приемника — детекторный радиометр на  $\lambda = 2$  мм, устройство которого подобно описанному в [11].

Размер «фокального пятна» на  $\lambda = 2$  мм соответствует рассчитанному для равномерного облучения антенны, но уровень боковых лепестков заметно выше по сравнению с зарегистрированным на  $\lambda = 4,1$  мм. Это связано, по-видимому, с наличием ошибок в поверхностях антенны. Следует отметить, что при автоколлимационном методе исследования диаграммы направленности происходит двукратное отражение радиоволн от плоского рефлектора, поэтому неоднородности его поверхности оказываются при автоколлимации сильнее, чем при наблюдениях космического радиоизлучения.

*б) Наблюдения радиоизлучения Солнца и Венеры.* В результате автоколлимационных испытаний были определены ширины главного лепестка диаграммы направленности антенны на волнах 2 и 4,1 мм. Основной целью наблюдений радиоизлучения Солнца и Венеры было определение коэффициента использования поверхности антенны. Наблюдения проводились на  $\lambda = 2,3$  мм. На рис. 7 представлена типичная запись радиоизлучения Солнца на этой волне, полученная 30 мая

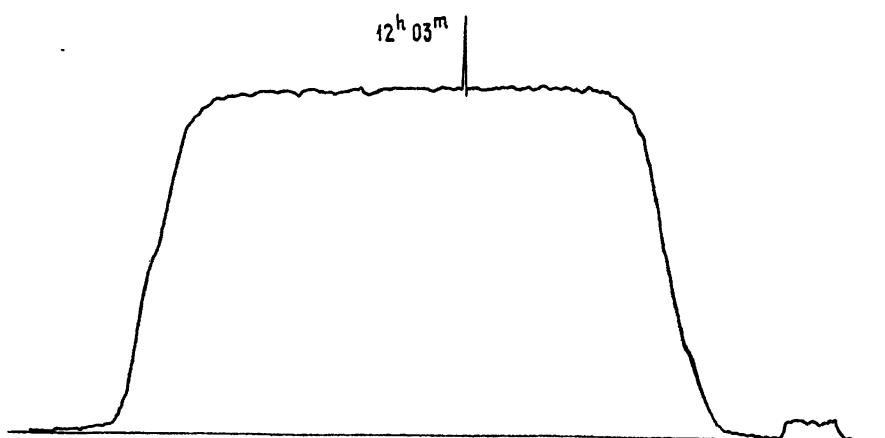


Рис. 7. Типичная запись радиоизлучения Солнца на  $\lambda = 2,3$  мм.

1969 г.\* Солнце проходило, вследствие суточного движения, через диаграмму направленности антенны. Затем произошла быстрая перестановка облучателя и регистрировалось вторичное прохождение Солнца. Сравнение двух записей радиоизлучения позволяет с большей достоверностью выявить локальные источники на Солнце. Температура антенны определялась сравнением с излучением газоразрядного генератора шума, включенного в тракт сигнала через направленный ответвитель (калибровочная «ступенька» видна на записи рис. 7). Генератор шума калибровался по излучению «черного тела», охлажденного в кипящем азоте; размеры его были достаточны для того, чтобы полностью закрыть апертуру облучателя.

Приращение температуры антенны радиотелескопа при наведении на Солнце равно

\* Использовавшийся при наблюдениях радиометр 2-миллиметрового диапазона описан в [12].

$$T_{a\odot} = (1 - \beta_{\odot}) T_{\odot} \exp(-\gamma_{\odot}), \quad (1)$$

где  $\beta_{\odot}$  — коэффициент рассеяния антенны вне телесного угла Солнца,  $T_{\odot}$  — яркостная температура диска Солнца,  $\gamma_{\odot}$  — полное поглощение в атмосфере на линии визирования Солнца.

Полагалось, что  $T_{\odot} = 6000^{\circ}\text{K}$  на  $\lambda = 2,3 \text{ мм}$ . Яркостная температура  $T_{\odot}$  определена путем анализа различных экспериментальных данных о радиоизлучении Солнца в диапазоне волн  $1 \div 3 \text{ мм}$  [13]. Величина  $\gamma_{\odot}$  рассчитывалась по данным об абсолютной влажности воздуха в месте измерений на основании результатов экспериментальных исследований оптической толщины атмосферы на  $\lambda = 2,3 \text{ мм}$  [14]. Измерения величины  $T_{a\odot}$  позволили определить  $\beta_{\odot} \approx 0,4$ .

Наблюдения радиоизлучения Венеры на  $\lambda = 2,3 \text{ мм}$  производились в конце мая—начале июня 1969 г. (почти одновременно с наблюдениями Солнца). Методика наблюдений Венеры была аналогична описанной выше. За один сеанс производилась регистрация 10—11 прохождений планеты через диаграмму направленности радиотелескопа. Затем записи прохождений совмещались по расчетным моментам прохождения и производилось их усреднение.

Приращение температуры антенны радиотелескопа при наведении его на Венеру равно

$$T_{aB} = \bar{T}_B (1 - \beta_{rl}) \exp(-\gamma_B), \quad (2)$$

где  $\bar{T}_B$  — усредненная по главному лепестку антенны яркостная температура Венеры;  $\beta_{rl}$  — коэффициент рассеяния антенны вне главного лепестка антенны;  $\gamma_B$  — оптическая толщина атмосферы на луче зрения Венеры. Учитывая, что  $(1 - \beta_{rl}) = (1 - \beta_{\odot})(1 - \beta_{rl\odot})$ , где  $\beta_{rl\odot}$  — рассеяние антенны вне главного лепестка в пределах телесного угла Солнца, можно получить из (1), (2):

$$(1 - \beta_{rl\odot}) = \frac{T_{aB}}{\bar{T}_B} \frac{T_{\odot}}{T_{a\odot}} \exp(\gamma_B - \gamma_{\odot}). \quad (3)$$

По измерениям 30.VI.69 г.  $(1 - \beta_{\odot})^{-1} T_{aB} \approx 16^{\circ}\text{K}$ .

Величина  $\bar{T}_B$  рассчитывалась на основании эфемеридных данных о видимом радиусе планеты, результатов измерений ширины главного лепестка антенны и в предположении, что яркостная температура диска Венеры равна  $T_B = 260^{\circ}\text{K}$ . Размеры главного лепестка принимались (на основании измерений распределения поля) равными  $20'' \times 285''$ . В этих предположениях  $\beta_{rl\odot} = 0,34$ . Таким образом,  $(1 - \beta_{rl\odot}) \approx 0,4$ . Коэффициент использования поверхности (КИП) антенны\* РТ-25×2 на  $\lambda = 2,3 \text{ мм}$  составляет  $(40 \pm 5)\%$ . Неопределенность обусловлена в основном неточностью измерения  $T_{aB}$ . Следует отметить, что при оценке ошибки определения КИП не учитывались возможные отличия величин  $T_{\odot}$  и  $T_B$  от принятых.

Результаты измерений КИП антенны не противоречат данным механических измерений поверхности зеркала. Если воспользоваться известной теорией о влиянии ошибок поверхности антенны на ее усиление [15], то окажется, что для среднеквадратичного отклонения  $\pm 0,2 \text{ мм}$  уменьшение КНД зеркальной антенны по сравнению с «идеальной» составляет около 30%.

\* Соответствующие соотношения можно найти в [15].

После наблюдений Венеры была произведена дополнительная юстировка поверхностей РТ-25×2, в результате которой суммарная погрешность антенны была уменьшена до  $0,1 \div 0,15$  мм (по механическим измерениям). В дальнейшем предполагается провести испытания антенны на  $\lambda = 1,3$  мм.

### 3. ПРОГРАММА НАБЛЮДЕНИЙ

Конструкция радиотелескопа позволяет устанавливать одновременно 3—4 радиометра. В связи с этим намечается проводить наблюдения одновременно на 3—4-х волнах в диапазоне 1,3  $\div$  4,1 мм. При этом будут ставиться следующие задачи.

- а) Исследование распределения яркости по диску Солнца.
- б) Наблюдения фазовых эффектов планет. Исследования распределений яркости планет.
- в) Наблюдения галактических дискретных источников радиоизлучения. Измерения их радиоразмеров по прямому восхождению и излучение их распределений яркости.
- г) Наблюдения мнохроматического излучения Галактики. Поиск линий межзвездного вещества.
- д) Обзор дискретных источников радиоизлучения.

Программа исследований рассчитана на длительный срок. В настоящее время на радиотелескопе начаты наблюдения Солнца и плоскости Галактики на волне 3,5 мм.

Более подробное обсуждение задач радиоастрономических исследований на миллиметровых волнах содержится в работе [17].

Создание радиотелескопа РТ-25×2 стало возможным благодаря усилиям большого коллектива сотрудников НИРФИ. В проектировании отдельных узлов инструмента участвовали Н. В. Бахарев и другие сотрудники конструкторского отдела НИРФИ. Монтаж радиотелескопа, изготовление его узлов и различных приспособлений были выполнены, в основном, механиками Н. А. Родионовым, Г. Н. Немцовым и Н. Ф. Щербаковым. Они же принимали непосредственное участие в юстировке РТ-25×2. В испытаниях радиотелескопа и подготовке аппаратуры для них участвовали Ю. В. Лебский, А. И. Наумов, В. И. Чернышов, В. Н. Воронов, Н. В. Серов, Н. Н. Орлов и др.

На всех этапах создания РТ-25×2 этому делу оказывалась неизменная поддержка со стороны М. Т. Греховой, А. В. Гапонова, В. П. Горбачева и В. С. Троицкого.

Авторы пользуются случаем для того, чтобы поблагодарить всех сотрудников НИРФИ, содействовавших созданию радиотелескопа.

### ЛИТЕРАТУРА

1. С. Э. Хайкин, Н. Л. Кайдановский, Парижский симпозиум по радиоастрономии (1958 г.), ИЛ, М., 1961, стр. 165.
2. A. Boischot, Nucleus, 7, 319 (1966).
3. J. D. Kraus, Sky and Telescope, 12, 157 (1953); 26, 12 (1963).
4. С. Э. Хайкин, Н. Л. Кайдановский, Ю. Н. Парицкий, О. Н. Шиврик, Г. Б. Гельфрейх, А. А. Стоцкий, ДАН СССР, 185, 775 (1969).
5. F. Low, Proc. IEEE, 54, № 4, 477 (1966).
6. А. Н. Выставкин, В. В. Мигулин, Радиотехника и электроника, 12, 1989 (1967).
7. С. Щелкунов, Г. Фриис, Антенны, изд. Сов. радио, М., 1955.
8. Д. Д. Максутов, Изготовление и исследование астрономической оптики, Гостехиздат, М., 1948.
9. В. Ю. Петрунькин, Н. А. Есепкина, Радиотехника и электроника, 10, 2236 (1965).

10. М. Б. Голант, Р. Л. Виленская, Е. А. Зюлина, З. Ф. Каплун, А. А. Негирев, В. А. Парилов, Г. Б. Реброва, В. С. Савельев, ПТЭ, № 4, 136 (1965).
11. Ю. А. Дрягин, Л. И. Федосеев, Изв. высш. уч. зав. — Радиофизика, 12, № 6, 813 (1969).
12. А. Г. Кисляков, Ю. В. Лебский, А. И. Нумов, Изв. высш. уч. зав. — Радиофизика, 11, № 12, 1791 (1968).
13. F. J. Low, A. W. Davidson, Astrophys. J., 142, 1278 (1965); Л. И. Федосеев, Л. В. Лубяко, Л. М. Кукин, Астрон. ж., 44, 1191 (1967); F. I. Shimabuciro, J. M. Stacey, Astrophys. J., 152, 777 (1968).
14. А. Г. Кисляков, К С Станкевич, Изв. высш. уч. зав. — Радиофизика, 10, № 9—10, 1244 (1967).
15. Н. М. Цейтлин, Применение методов радиоастрономии в антенной технике, изд. Сов. радио, М., 1966.
16. J. Ruse, Proc. IEEE, 54, 633 (1966).
17. А. Г. Кисляков, УФН, 101, 607 (1970).

Научно-исследовательский радиофизический институт

Поступила в редакцию  
6 августа 1970 г.

## UNSTEERABLE RADIO TELESCOPE OF MILLIMETER WAVELENGTH RANGE

*V. N. Glasman, A. G. Kislyakov, I. V. Mosalov*

An unsteerable antenna system design assigned for operating in millimeter range is described and its parameters are given. The antenna consists of the parabolic reflector ( $25\text{m} \times 2\text{m}$ ) and a plane mirror. The direction of antenna radiation changes by means of the plane mirror rotation ( $2^\circ$  to  $90^\circ$  of the altitude) and the feed displacement ( $\pm 35'$  from the south direction). The antenna resolution in right ascension is  $20''$  at the wavelength of  $\lambda=2$  mm. The aperture efficiency at  $\lambda=2.3$  mm is equal to  $40 \pm 5\%$ .