

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ БОЛЬШОГО ПУЛКОВСКОГО РАДИОТЕЛЕСКОПА С ПОМОЩЬЮ «СКАЛЯРНОГО» РУПОРА

Ю. Н. Парийский, А. В. Темирова, Г. М. Тимофеева

Применение «скалярного» рупора, используемого в последние годы в США и Австралии, позволило повысить эффективную площадь Большого пулковского радиотелескопа примерно в 1.4 раза и понизить его шумовую температуру на 20° К (в 1.5 раза).

The application of a scalar horn that has being used in the USA and Australia for the last few years made it possible to increase the effective area of the Large Pulkovo Radio Telescope approximately 1.4 times and to reduce its noise temperature by 20° K (1.5 times).

«Скалярный» рупор [1—3] характеризуется симметричной диаграммой направленности в  $E$ - и  $H$ -плоскостях, чрезвычайно низким уровнем боковых и задних лепестков, широкополосностью, небольшим КСВ, малой шумовой температурой, наличием фазового центра. Симметрирование диаграммы облучателя достигается путем возбуждения в волноводе, боковая поверхность которого имеет анизотропную проводимость ( $x_z = \infty$ ,  $x_\xi = 0$ , где  $z$  — продольная координата,  $\xi$  — азимутальный угол) связанных, или «гибридных», волн  $HE_{1n}$ . Необходимая анизотропия получается за счет специально подобранных концентрических четверть-волновых канавок, прорезанных в боковой поверхности волновода (см. рис. 1).

Нами была изготовлена серия «скалярных» облучателей с разными углами раскрытия  $\varphi$  на волну  $\lambda = 4.0$  см. На рис. 2 и 3 приводятся диаграммы направленности облучателя в  $E$ - и  $H$ -плоскостях при  $\varphi = 60^\circ$  и КСВ по всему рабочему диапазону. Как видно из рис. 2 и 3, такой рупор действительно обладает симметричной диаграммой для вертикальной и горизонтальной поляризаций, широкополосностью, небольшим КСВ ( $\sim 1.3$ ). Был экспериментально найден фазовый центр рупора, который находится на расстоянии около 1 см ( $\lambda/4$ ) от среза внутренней стенки круглого волновода.

Нами были измерены собственная температура «скалярного» рупора (без антенны) в зените и шумовая температура антенны (БПР) с ним. При этих измерениях в качестве эквивалента в радиометре использовалась нагрузка, охлаждаемая жидким азотом. Для калибровки мы применяли газоразрядную трубку. Шумовая температура рупора ( $T_p$ ) определялась по формуле

$$T_p = (T'_p - T_0\alpha)/(1 - \alpha),$$

где  $T_0$  — температура окружающей среды,  $\alpha$  — затухание в волновом тракте, соединяющем радиометр с облучателем; радиометром непосредственно регистрируется разность температур  $T'_p - T'_{аз}$ , причем

$$T'_p = T_p(1 - \alpha) + T_0\alpha,$$

$$T'_{аз} = T_{аз}(1 - \alpha_{аз}) + T_0\alpha_{аз}.$$

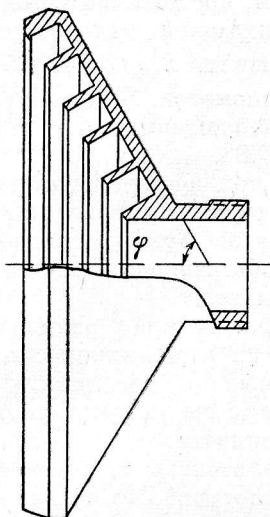


Рис. 1. Сечение «скалярного» рупора по оси симметрии.

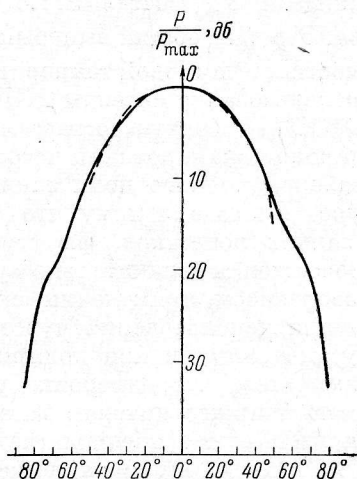


Рис. 2. Диаграмма направленности «скалярного» рупора на частоте  $f=7700$  МГц для вертикальной (сплошная линия) и горизонтальной (штриховая линия) поляризаций.

Здесь  $T_{аз}$  — температура кипения азота,  $\alpha_{аз}$  — затухание в волноводном тракте эквивалента.

Был получен следующий результат:  $T_p = 20 \pm 3$  К в зените, при выносе «скалярного» рупора на 4 м из фокуса вторичного зеркала.

Оценив влияние различных факторов на измеренную температуру рупора  $T_p$  (реликтовый шум  $\sim 3$  К, атмосферное излучение  $\sim 5.3$  К, рассеяние близлежащими предметами  $\sim 6$  К, потери в плавном переходе  $3.5$  К), получим истинную температуру рупора, обусловленную излучением земли, не превышающую  $T_{p\text{ист}} = 0 \div 5$  К. Измерение шумовой температуры антенны (БПР) со «скалярным» рупором проводилось на средних углах места  $\theta_0 = 40^\circ$  и дало  $T_{ма} = 35 \pm 3$  К.\* Таким образом, замена «штатного» рупора, обычно используемого при наблюдениях, «скалярным» понизила шумовую температуру антенны с 55 до 35 К, т. е. в среднем на 20 К.

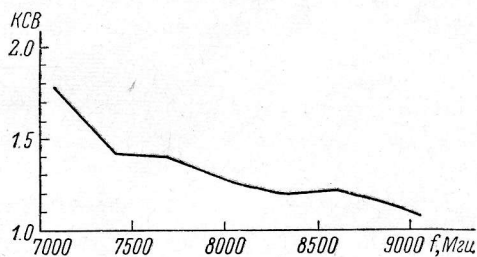


Рис. 3. Зависимость КСВ «скалярного» рупора с плавным переходом от частоты.

\* Измеренная шумовая температура антенны со «штатным» рупором оказалась равной  $T_{ма} = 55 \pm 3$  К.

Был также проведен цикл наблюдений различных источников с использованием «скалярного» рупора. Так, при наблюдениях Крабовидной туманности антенная температура источника увеличивается в 1.6 раза, при наблюдениях радиисточников Дева-А — в среднем в 1.35 раза, а при наблюдениях радиисточника Лебедь-А — в 1.25 раза (сравнение производилось по антенной температуре источников, полученной при использовании «штатных» рупоров). Таким образом, средний выигрыш в эффективной площади  $S_{эфф}$  составил 1.4, а по шумовой температуре  $T_{ш}$  — в 1.55 раза. Это дает общий выигрыш в отношении  $S_{эфф}/T_{ш}$  от 1.5 до 3.5 дБ в зависимости от шумовой температуры радиометра. Был вычислен коэффициент использования антенны (КИП) при наблюдениях этих источников. Величина КИП в среднем составила  $0.57 \pm 0.08$ .

При широком сканировании источника и при сопровождении его в пределах безабберационного поля также получается выигрыш по антенной температуре. Благодаря тому что «скалярный» рупор обладает низким уровнем задних лепестков, флуктуации собственного излучения земли при сопровождении значительно уменьшаются.\*

Целесообразность применения «скалярного» рупора в радиоастрономии бесспорна при использовании чувствительных приемников с параметрическими усилителями и при поляризационных наблюдениях. Мы убедились также в том, что изменение угла раскрытия облучателя позволяет регулировать ширину диаграммы направленности.

«Скалярный» рупор предполагается использовать на антенне радиотелескопа РАТАН-600, шумовая температура которой, по предварительным оценкам, составит  $20^\circ$  К. Таким образом, становится целесообразным применение на радиотелескопе РАТАН-600 малошумящих радиометров с шумовыми температурами менее  $20^\circ$  К.

Авторы благодарят Д. В. Королькова и А. В. Ипатова за помощь в измерениях шумовой температуры рупора и антенны.

#### Литература

1. H. C. Minnett, B. M. Thomas, Trans. IEEE, AP-14, No. 5, 654, 1966.
2. Internal Report NRAO, 1969.
3. J. Josef, J. Martin, L. Sees, AEU, 26, No. 1, 22, 1972.

Декабрь 1971 г.

---

\* Эти измерения были проведены Н. М. Липовой.