

Министерство высшего и среднего специального образования  
РСФСР

Ордена Трудового Красного Знамени  
Научно-исследовательский радиопизический институт

Препринт № 63

ПАРАБОЛИЧЕСКИЙ РЕФЛЕКТОР

Н.В.Бахарев,  
В.Н.Глазман,  
И.В.Мосалов



## А н н о т а ц и я

В работе рассматривается возможность снижения веса антенн, описывается напряженная вантовая конструкция 12-ти метрового параболического рефлектора дециметрового диапазона, приводятся некоторые технические характеристики и данные испытания макета.

Наиболее значительным фактором, влияющим на точность рефлектора является его деформация от собственного веса. Зависимость величины деформации от выбора конструктивной схемы рефлектора указывает на более или менее полное использование возможностей конструкционного материала. Наличие большого числа конструктивных схем указывает на стремление к органичной конструкции, объем материала которой минимальный для решения поставленной задачи.[1,2]

Одна из возможностей значительного снижения веса рефлектора за счет более полного использования механических свойств материала заложена в применении напряженных вантовых систем. [3]. Введение в конструкцию предварительного напряжения повышает предел ее упругой работы вплоть до полного исчерпания несущей способности и позволяет избежать при этом больших деформаций характерных для упруго-пластической стадии работы материала. Снижение веса предварительно напряженных конструкций достигается так же за счет замены менее прочного основного металла более прочным металлом напрягающих элементов (обычно высокопрочной проволокой или тросами), имеющих при тех же условиях меньшие сечения и вес. Элементы вантовых ферм не нуждаются в дополнительном повышении жесткости для обеспечения устойчивости, поскольку постоянно находятся под действием растягивающих усилий. В строительстве широко применяются вантовые напряженные системы, в которых троса закреплены по контуру (например, круглое кольцо), геометрия которого теоретически позволяет избежать в нем изгибающих моментов при напряжении вантовой сети, что должно решать задачу замыкания силовой схемы внутри конструкции без значительного утяжеления и придания ей некоторой самостоятельности. Однако полная внутренняя силовая гармония

исчезает при неравномерном натяге отдельных тросов, обусловленном как погрешностями монтажа, так и неравномерной внешней нагрузкой, что значительно снижает эффект таких решений.

В НИРФИ разработана новая конструктивная схема парабол.ческого рефлектора, в котором преимущества радиальной вантовой системы соединены с легким безмоментным контуром (ободом), воспринимающим усилия от вантовых ферм [4]. На основе этой схемы спроектирован рефлектор диаметром 12 м, предназначенный для работы в дециметровом диапазоне волн.

Рефлектор, схема которого приведена на рис. 1, имеет 2 двенадцатигранных обода, соединенных между собой стойками. В вершинах граней установлены шарниры, работающие в плоскостях ободов. Максимальное количество граней определилось из расчета на устойчивость каркаса в целом. При числе граней более 12 повышается опасность прогиба какого-либо из шарниров во внутрь обода под воздействием переменных внешних нагрузок<sup>+</sup>).

Пространственную жесткость и форму рефлектору придает система растяжек и оттяжек в виде канатов. Радиальные канаты крепятся к вершинам многогранных ободов и к центральному стержню. Система радиальных канатов, относящихся к одному ободу, помимо силовой функции, обеспечивает в совокупности с оттяжками и кольцевыми растяжками пространственное положение точек крепления обшивки. Радиальные канаты, закрепленные к другому ободу, придают жесткость и устойчивость всему каркасу рефлектора. По боковым граням каркаса расположены крестовые растяжки.

Величина предварительного напряжения каркаса подбирается таким образом, чтобы при максимальной ветровой нагрузке это напряжение не падало бы до нуля ни в одном из канатов, что гарантирует сохранение форм рефлектора.

---

<sup>+</sup>) Методике расчета рефлектора на прочность и устойчивость будет посвящена отдельная статья.

Важной особенностью описываемого каркаса рефлектора является равномерное распределение усилий во всей канатной системе и элементах ободов. Так, при создании натяжения в одном из радиальных канатов, усилие передается через шарнирный обод на все остальные радиальные канаты и оттяжки, а через них на все вершины граней второго обода. Это обстоятельство существенно упрощает сборку каркаса рефлектора. Отсутствие изгибающего момента в элементах обода и работа их практически на чистое сжатие позволяет значительно сократить вес каркаса.

При выборе материалов для каркаса учитывалась их однородность с точки зрения коэффициентов теплового расширения, т.к. этот фактор влияет в немалой степени на постоянство усилий и деформаций, а, следовательно, и на сохранение параметров формы рефлектора. Для натяжной канатной системы приняты стальные канаты, поэтому все остальные элементы каркаса изготавливаются из стали (детали шарниров, тонкостенные трубы стоек и ободов и др.).

В качестве отражающей поверхности рефлектора используется металлизированная синтетическая ткань. Растянутая на узлах (точках) крепления, она образует многогранную поверхность, аппроксимирующую параболоид вращения. Анализ получающихся отклонений показывает, что закон их распределения близок к равномерному. Композиция этого закона с законом нормального распределения погрешностей изготовления (в предположении равенства максимальных ошибок изготовления и аппроксимации) позволяет оценить суммарную погрешность поверхности рефлектора и определить необходимое количество точек крепления обшивки и, следовательно, количество оттяжек. Общее число оттяжек в описываемом рефлекторе равно 120, что по расчетам должно обеспечить среднеквадратичную погрешность 0,8 см.

Конструкция каждого из двух узлов (полуосей) крепления рефлектора (см. рис. 1) представляет собой ферму

с присоединительным фланцем, растянутую системой канатов, позволяющих передавать крутящий момент от угломестного привода на обода. Перемещение узла вдоль оси ограничено четырехстержневой пирамидой, опирающейся на вершины граней ободов. Смещение положения оси вращения относительно центра тяжести рефлектора позволяет сбалансировать вес облучателя и элементов его крепления.

Крепление стержней несущих облучатель к ободу позволяет уменьшить затененность рефлектора, в то время как крепление этих стержней за края рефлектора обычной конструкции связано с риском получения заметных деформаций.

Расчет на прочность рефлектора диаметром 12 м на фронтальную нагрузку  $q = 30 \text{ кгц/м}^2$  позволил определить размеры основных элементов напряженного каркаса.

Диаметр труб обода 100 мм

Толщина стенки труб 1 мм

Диаметр радиальных канатов 8 мм

Диаметр канатов растяжек 6 мм

При этом вес рефлектора равен 800 кг.

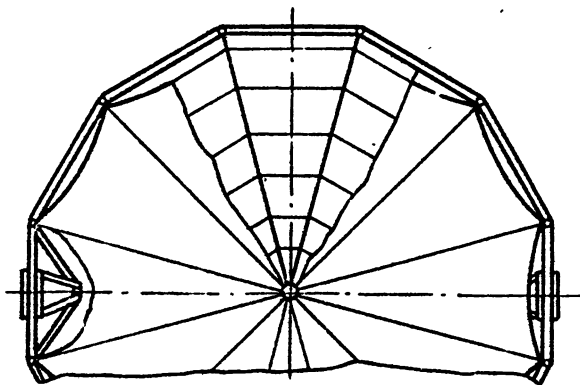
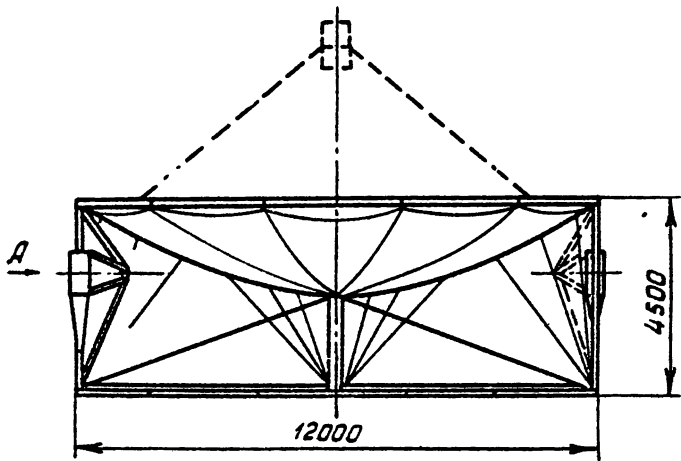
Поскольку даже сравнительно небольшая ветровая нагрузка при ветре порядка 10–12 м/сек превышает нагрузку от собственного веса, она явилась расчетной для определения деформаций рефлектора. Результаты расчета проверялись на макете рефлектора 2,5 м.

Так как ветровая нагрузка от вантовой системы передается непосредственно на шарнирные узлы обода, ее действие имитировалось грузами закрепляемыми на этих узлах (рис. 2).

В пересчете на рефлектор диаметром 12 м максимальный прогиб от нагрузки  $q = 12 \text{ кг/м}^2$  составил 7 мм. В случае необходимости жесткость рефлектора может быть значительно повышена. Оценочные расчеты показывают возможность значительного увеличения диаметра вантового рефлектора. Повышение точности так же возможно путем применения вместо мягкой отражающей обшивки тонко-

стенных оболочек или легких профилированных панелей. Как показал расчет и подтвердили испытания практически вся деформация обода происходит под действием поперечной силы за счет деформации крестовых растяжек.

Конструктивная схема описанного каркаса с шарнирным, безмоментным ободом, повидимому, может быть интересна и в других областях применения вантовых систем.



Вид А

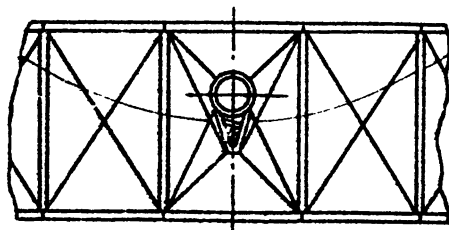


Рис. 1



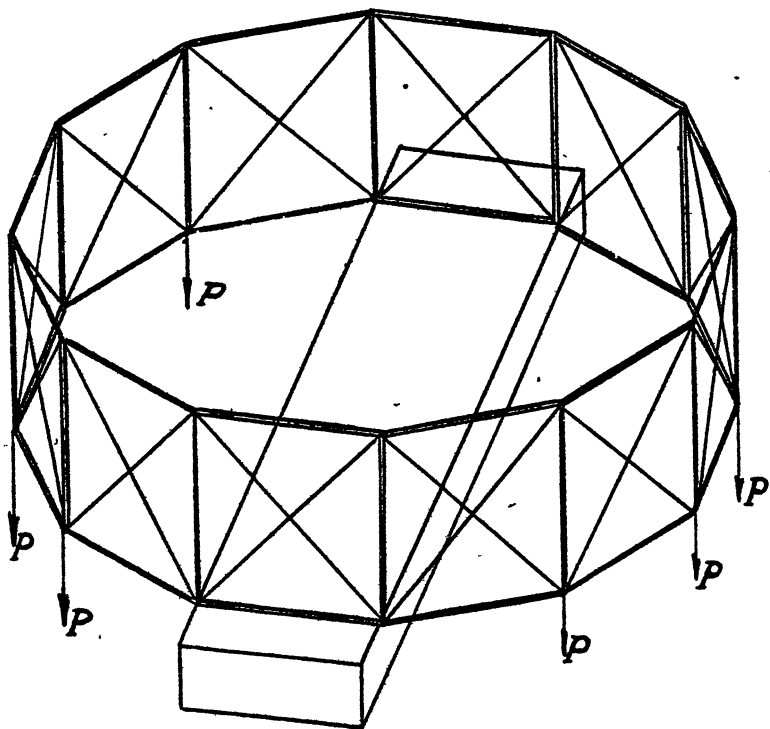


Рис. 2

## ЛИТЕРАТУРА

1. Н.А.Есепкина, Д.В.Корольков, Ю.Н.Парийский. "Радиотелескопы и радиометры", М., "Наука", 1973.
2. Sevastian von Hoerner "Design of large steerable antennas", The Astronomical Journal, v.72, n.I.
3. В.В.Трофимович, В.А.Пермяков. Проектирование предварительно напряженных вантовых систем. Киев, "Будивельник", 1970.
4. Н.В.Бахарев и др. Авт. свид-во № 402970 от 16.11.71г. Бюлл. изобр. № 42, 1973.