

## РАСЧЕТ ПЕРИСКОПИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ АНТЕННЫ ПЕРЕМЕННОГО ПРОФИЛЯ

*Е. К. Майорова, А. А. Стоцкий*

Приведены результаты расчета перископической системы антенны переменного профиля в приближении дифракции Френеля. Получены распределение поля на раскрыве отражателя, значения коэффициента использования вертикального размера отражателя, КПД перископической системы в режиме наблюдения и в автоколлимационном режиме и шумовая температура перископической системы. Рассмотрено влияние на характеристики перископической системы степени спада амплитудного распределения поля на раскрыве облучателя и его асимметрии. Результаты представлены в виде графиков функций обобщенных безразмерных параметров.

На основе результатов расчетов получены количественные оценки характеристик перископической системы радиотелескопа РАТАН-600 и сделан вывод о возможности повышения его эффективности путем увеличения размеров облучателя.

Results are presented of calculating the periscopic system of the variable profile antenna in Fresnel diffraction approximation. The total noise temperature, electric field distribution in the reflector aperture, the coefficients of using the vertical size of the reflector, the efficiency of the periscopic system in the observation regime and autocollimation regime are obtained.

The changes of characteristics of the periscopic system in dependence on the degree of tapering field distribution on the secondary mirror aperture and its asymmetry are discussed. The results are presented in figures of functions depending on generalizing and indimensional parameters. On the basis of the results of these calculations quantitative estimates of characteristics of the periscopic system of the radiotelescope RATAN-600 are obtained and a conclusion of a possible raise of efficiency of this radiotelescope by means of increasing the dimensions of the secondary mirror of RATAN-600 is drawn.

В радиотелескопах с антенной переменного профиля (Большой пулковский радиотелескоп [1], радиотелескоп РАТАН-600 [2]) главное зеркало и его облучатель образуют горизонтальную перископическую систему, эффективность работы которой в значительной степени определяет эффективность работы радиотелескопа в целом. Реальная конфигурация элементов системы является довольно сложной и изменяется при изменении высоты источников. Однако с точки зрения оценки ее основных параметров главное значение имеет геометрия ее сечения вертикальной плоскостью, проходящей через облучатель и отражатель. Поэтому для расчета основных параметров перископической системы может быть использована упрощенная модель (рис. 1), представляющая собой бесконечно протяженный в горизонтальной плоскости облучатель высотой  $b$  и параллельный ему отражатель размером  $a_0$ , расположенный на расстоянии  $d$  от облучателя. Отражатель наклонен на угол  $h/2$ , где  $h$  — высота наблюдаемого источника, так что его входной и выходной раскрывы имеют размер  $a = a_0 \cos h/2$ , причем входной раскрыв параллелен раскрыву облучателя.

Такая модель перископической системы антенны переменного профиля была предложена в [3]. Там же были выполнены расчеты, положенные в основу проектирования радиотелескопа РАТАН-600. Настоящая работа является в значительной степени развитием расчетов, выпол-

ненных в [3], и проведена с целью выяснения возможности дальнейшего повышения эффективности радиотелескопа РАТАН-600.

В соответствии с методикой, обычно применяемой при расчете перископических систем антенн [4], вычисления будем проводить на основе интеграла Кирхгофа в приближении дифракции Френеля. Будем считать, что поле на раскрыве облучателя синфазно и его распределение заданное. Чтобы иметь возможность оценить влияние степени спада поля к краям апертуры и его асимметрии на характеристики перископической системы, рассмотрим обобщенное косинусоидальное распределение

$$E_b = E_0 \cos \frac{m\pi}{2} \left( \frac{2y_b}{b} + \Omega \right). \quad (1)$$

Параметр  $m$  определяет уровень поля на краю раскрыва облучателя, а  $\Omega$  — его асимметрию.

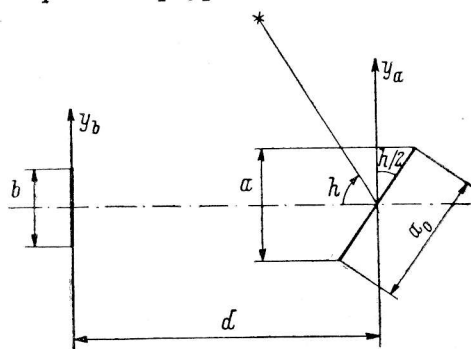


Рис. 1. Вертикальное сечение перископической системы антенны переменного профиля.

**Основные характеристики перископической системы.** Характеристиками, которые определяют эффективность системы в режиме наблюдений космических источников, являются:

а) коэффициент использования вертикального размера отражателя, определяемый отношением мощности поля в главном лепестке диаграммы направленности к мощности поля в раскрыве облучателя

$$\eta_a = \frac{\left| \int_{-a/2}^{a/2} E_a(y_a) dy_a \right|^2}{a \int_{-b/2}^{b/2} |E_b(y_b)|^2 dy_b}, \quad (2)$$

где  $E_a(y_a)$  — комплексное поле на раскрыве отражателя. Величина  $\eta_a$  определяет эффективный размер отражателя  $a_{эф} = \eta_a a$  с учетом как амплитудно-фазового распределения поля в раскрыве отражателя, так и дифракционных потерь в перископической системе. По известной величине  $\eta_a$  легко найти также коэффициент использования вертикального размера облучателя  $\eta_b$ :

$$\eta_b = \eta_a a/b; \quad (3)$$

б) КПД перископической системы, равный отношению мощности, проходящей через раскрыв отражателя, к мощности, проходящей через раскрыв облучателя:

$$\eta_{п} = \frac{\int_{-a/2}^{a/2} |E_a(y_a)|^2 dy_a}{\int_{-b/2}^{b/2} |E_b(y_b)|^2 dy_b}. \quad (4)$$

Величина  $1 - \eta_{п}$  определяет мощность поля рассеяния перископической системы и характеризует ее шумовые свойства и помехозащищенность.

Кроме коэффициентов  $\eta_a$ ,  $\eta_{п}$ , определяющих работу перископической системы в режиме наблюдений космических источников, вычислим еще КПД перископической системы в автоколлимационном режиме  $\eta_{ак}$ , когда отражатель стоит вертикально и энергия излучения облучателя, отразившись от отражателя, возвращается в облучатель.

Коэффициент  $\eta_{\text{ак}}$  равен отношению принятой энергии к излученной и является удобной мерой для контроля качества отражающей поверхности антенны:

$$\eta_{\text{ак}} = \frac{\left| \int_{-b/2}^{b/2} E_b(y_b) E_{b \text{отр}}(y_b) dy_b \right|^2}{\left( \int_{-b/2}^{b/2} |E_b(y_b)|^2 dy_b \right)^2}, \quad (5)$$

где  $E_{b \text{отр}}(y_b)$  — комплексное поле отраженной волны на раскрыве отражателя.

Выражение для комплексного поля на раскрыве отражателя в приближении дифракции Френеля имеет вид

$$E_a(y_a) = \frac{e^{-j \frac{2\pi}{\lambda} d} e^{j \frac{\pi}{2}}}{\sqrt{\lambda d}} \int_{-b/2}^{b/2} E_b(y_b) e^{-j \pi \frac{(y_b - y_a)^2}{\lambda d}} dy_b, \quad (6)$$

где  $\lambda$  — длина волны.

В дальнейшем мы будем пользоваться следующими безразмерными величинами:

$$q = \frac{a}{b}; \quad u^2 = \frac{b^2}{4\lambda d}; \quad \gamma = \frac{2y_b}{b}; \quad \xi = \frac{2y_a}{a}; \quad g_b = \frac{E_b}{E_0}. \quad (7)$$

Выражение (6) в этих переменных принимает вид:

$$\frac{E_a}{E_0}(\xi) = e^{-j \frac{2\pi d}{\lambda}} e^{-j \frac{\pi}{4}} u \int_{-1}^1 g_b(\gamma) e^{-j \pi u^2 (\gamma - q\xi)^2} d\gamma. \quad (8)$$

На рис. 2 приведены исходные распределения поля на раскрыве облучателя и соответствующие им распределения амплитуды  $\left| \frac{E_a}{E_0} \right|$  и фазы  $\varphi = \arg\left(\frac{E_a}{E_0}\right)$  поля на раскрыве отражателя, вычисленные в соответствии с (8) при различных параметрах  $u^2$ ,  $m$ ,  $q$ .

Выражение для  $E_{b \text{отр}}$  имеет вид

$$\frac{E_{b \text{отр}}}{E_0}(\gamma) = e^{-j \frac{4\pi d}{\lambda}} e^{-j \frac{\pi}{2}} u^2 q \int_{-1}^1 \int_{-1}^1 g_b(\gamma) e^{-j \pi u^2 (\gamma_1 - q\xi)^2} e^{-j \pi u^2 (\gamma - q\xi)^2} d\gamma_1 d\xi. \quad (9)$$

В качестве примера на рис. 3 приведены результаты расчета амплитуды  $\left| \frac{E_{b \text{отр}}}{E_0} \right|$  и фазы  $\varphi = \arg\left| \frac{E_{b \text{отр}}}{E_0} \right|$  для некоторых значений  $u^2$  и  $m$  при  $q = 1.345$ .

Подставляя в (2), (4), (5) выражение для поля  $E_a$  из (6) и переходя к безразмерным величинам, получим следующие формулы для интересующих нас коэффициентов:

$$\eta_a = \frac{u^2 q}{2} \cdot \frac{\left| \int_{-1}^1 \int_{-1}^1 g_b(\gamma) e^{-j \pi u^2 (\gamma - q\xi)^2} d\gamma d\xi \right|^2}{\int_{-1}^1 |g_b(\gamma)|^2 d\gamma}, \quad (10)$$

$$\eta_{\text{п}} = u^2 q \frac{\int_{-1}^1 \left| \int_{-1}^1 g_b(\gamma) e^{-j \pi u^2 (\gamma - q\xi)^2} d\gamma \right|^2 d\xi}{\int_{-1}^1 |g_b(\gamma)|^2 d\gamma}, \quad (11)$$

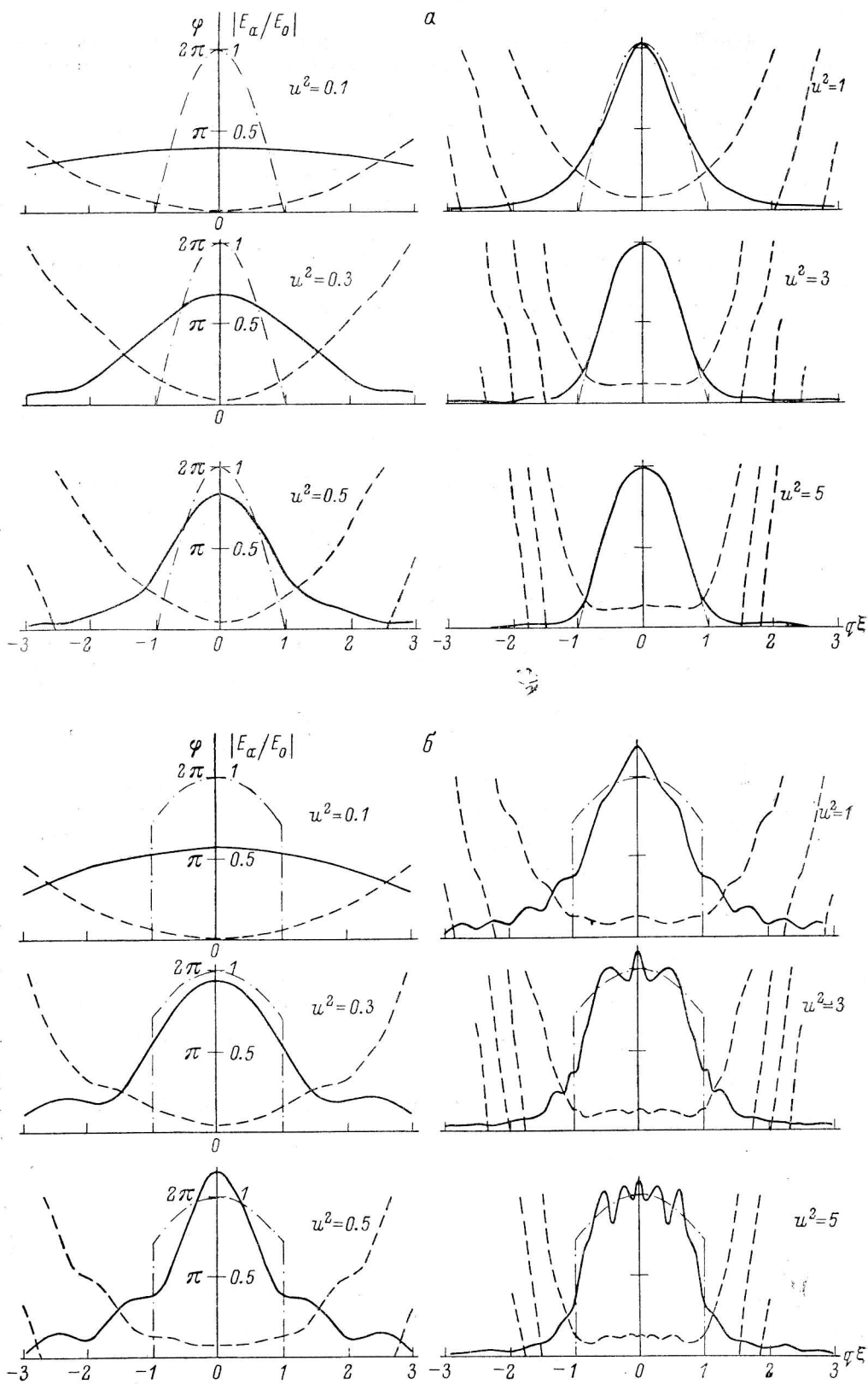


Рис. 2. Распределение амплитуды (сплошная линия) и фазы (штриховая линия) поля на раскрытии отражателя. Штрих-пунктирная линия показывает распределение поля на раскрытии облучателя.

$a - m=1; b - 0.5; e - 0; z - 0.7.$

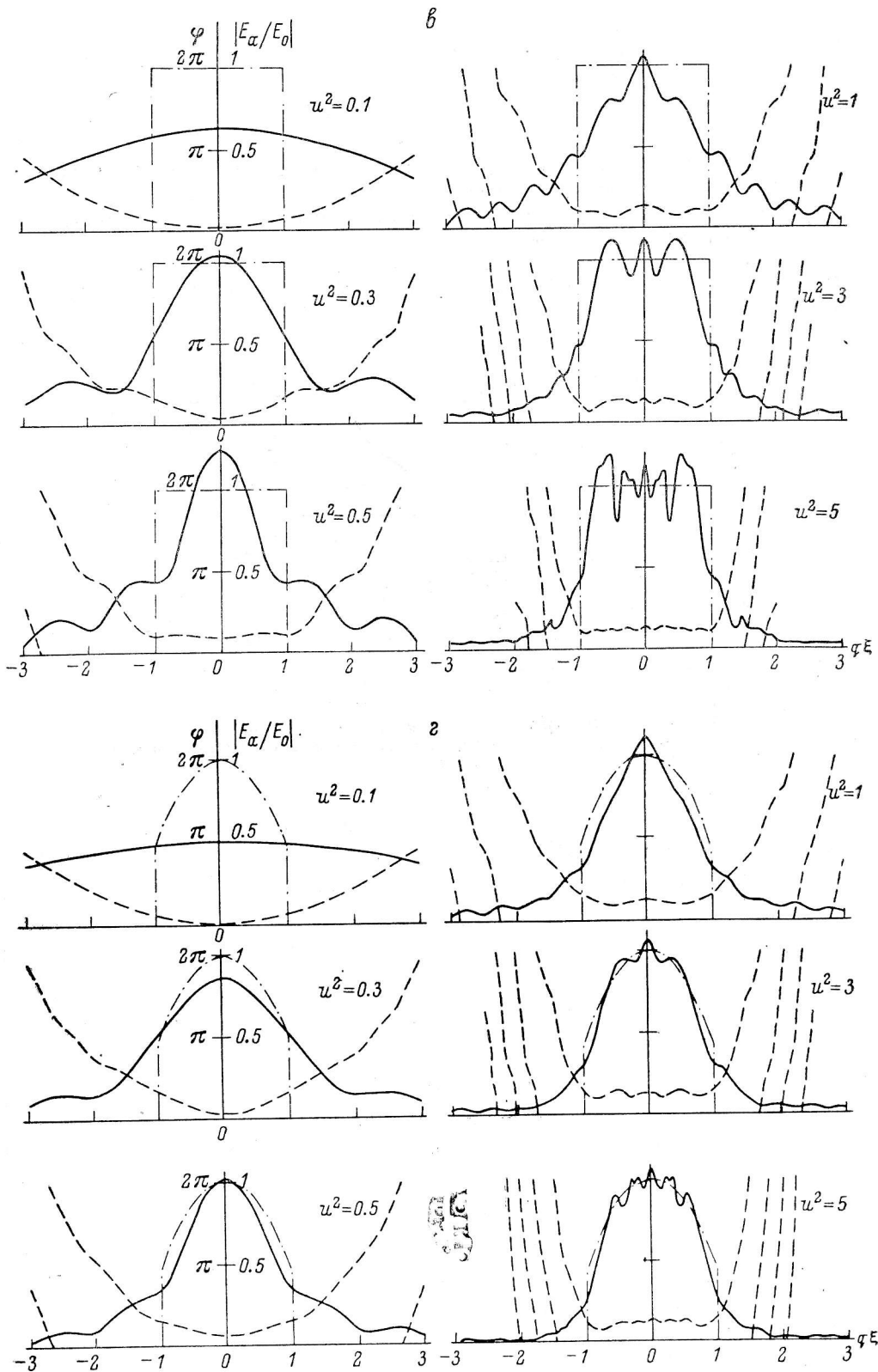


Рис. 2 (продолжение).

$$\eta_{ак} = u^2 q^2 \frac{\left| \int_{-1}^1 \int_{-1}^1 \int_{-1}^1 g_b(\gamma_1) g_b(\gamma) e^{-j\pi u^2 (\gamma - q\xi)^2} e^{-j\pi u^2 (\gamma_1 - q\xi)^2} d\gamma_1 d\gamma d\xi \right|^2}{\left( \int_{-1}^1 |g_b(\gamma)|^2 d\gamma \right)^2}. \quad (12)$$

Расчеты  $\eta_a$ ,  $\eta_{II}$ ,  $\eta_{ак}$  проводились путем численного интегрирования на ЭВМ при  $0.1 \leq u^2 \leq 5$  и различных значениях  $m$ ,  $q$ .

Результаты расчетов для симметричного распределения поля на облучателе ( $\Omega=0$ ) приведены на рис. 4, 5.

Штриховой линией на рис. 5 показана зависимость  $\eta_{ак}(u^2)$  для РАТАН-600, точки на ней соответствуют длинам волн 0.8, 3.2, 4.0, 8.0, 16, 32 см.

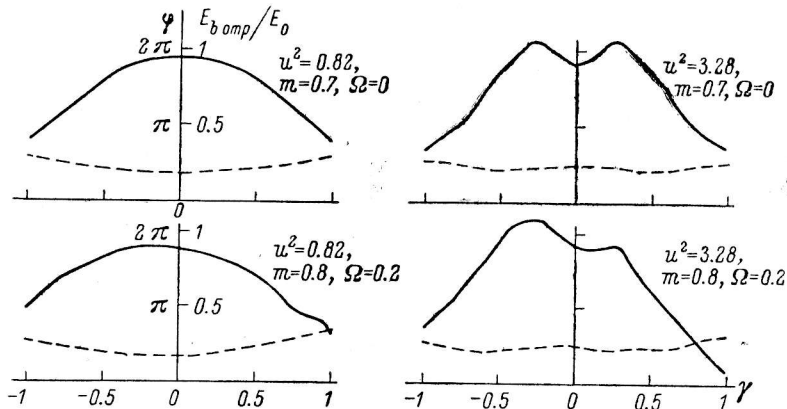


Рис. 3. Распределение амплитуды (сплошная линия) и фазы (штриховая линия) отражающего поля на раскрыве облучателя в автоколлимационном режиме.

Значения  $\eta_a$ ,  $\eta_{II}$ ,  $\eta_{ак}$  при  $u^2 \rightarrow \infty$  получим путем предельного перехода в формулах (10)–(12). В этом случае выражения (10)–(12) переходят в формулы:

$$\eta_a = \begin{cases} \frac{8}{(m\pi)^2 q} \cdot \frac{\sin^2 \left| \frac{m\pi q}{2} \right|}{1 + \frac{1}{m\pi} \sin m\pi}, & q \leq 1; \\ \frac{8}{(m\pi)^2 q} \cdot \frac{\sin^2 \left| \frac{m\pi}{2} \right|}{1 + \frac{1}{m\pi} \sin m\pi}, & q \geq 1; \end{cases} \quad (13)$$

$$\eta_{II} = \begin{cases} \frac{q + \frac{1}{m\pi} \sin m\pi q}{1 + \frac{1}{m\pi} \sin m\pi}, & q \leq 1; \\ 1, & q \geq 1; \end{cases} \quad (14)$$

$$\eta_{ак} = \begin{cases} \frac{\left( q + \frac{1}{m\pi} \sin m\pi q \right)^2}{\left( 1 + \frac{1}{m\pi} \sin m\pi \right)^2}, & q \leq 1; \\ 1, & q \geq 1. \end{cases} \quad (15)$$

Легко показать, что выражения (13)–(15) могут быть получены и непосредственно при решении задачи в приближении геометрической оптики.

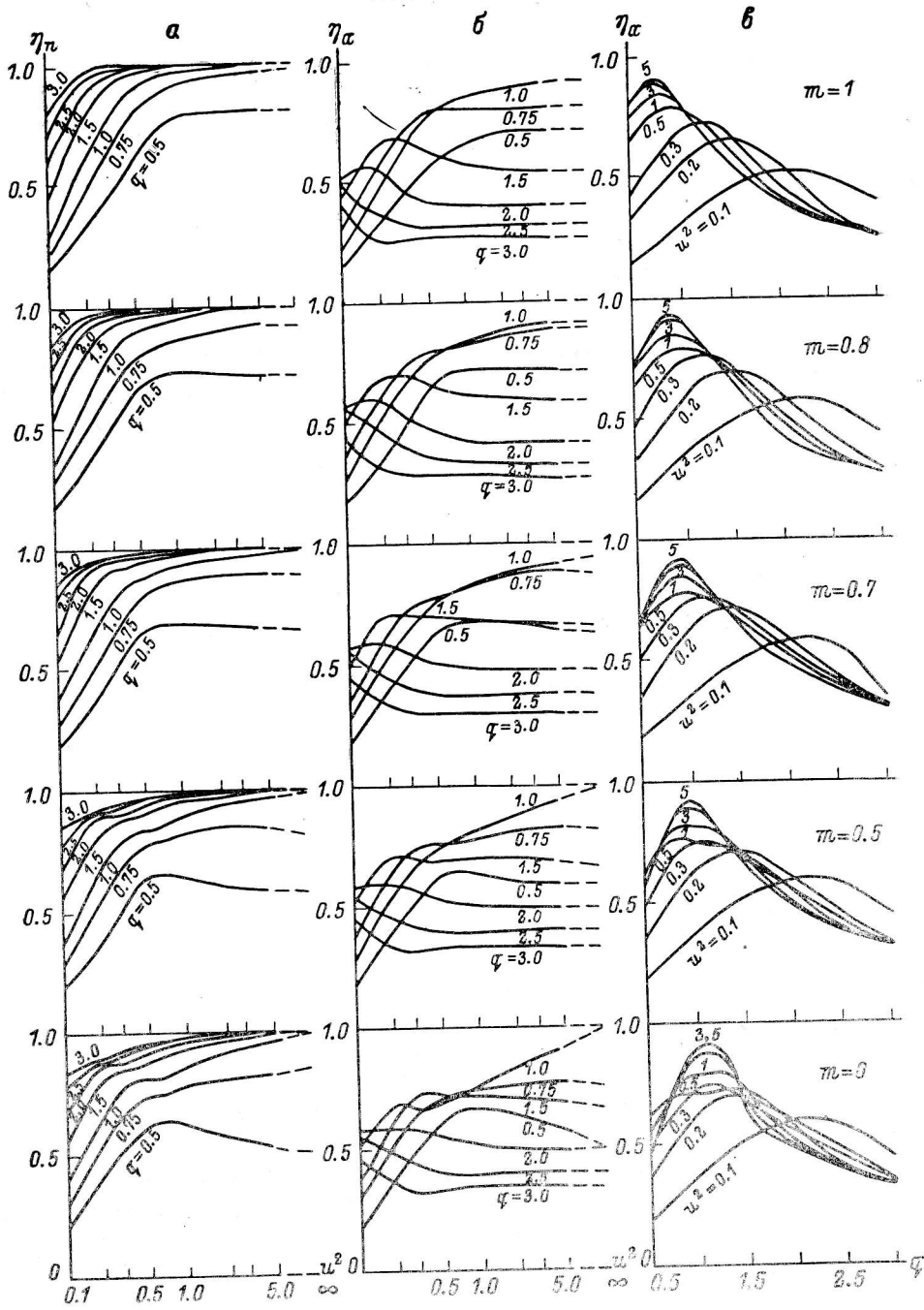


Рис. 4. Основные характеристики перископической системы антенны переменного профиля:  $\eta_v$  — коэффициент использования вертикального размера отражателя,  $\eta_{\pi}$  — КПД перископической системы.

Другой предельный случай  $u^2 \ll 1$  соответствует дифракции Фраунгофера. Переходя в (10)—(12) к пределу, при  $u^2 \rightarrow 0$ , получим:

$$\eta_a = \begin{cases} q^3 u^2 \frac{32}{(m\pi)^2} A, & q \geq 1; \\ q u^2 \frac{32}{(m\pi)^2} A, & q \leq 1; \end{cases}$$

$$\eta_{\text{II}} = \begin{cases} q^2 u^2 A, & q \geq 1; \\ q u^2 A, & q \leq 1; \end{cases}$$

$$\eta_{\text{ак}} = \begin{cases} q^4 u^4 A^2, & q \geq 1; \\ q^2 u^4 A^2, & q \leq 1; \end{cases}$$

$$A = \frac{\sin^2 \frac{\pi m}{2}}{1 + \frac{1}{m\pi} \sin m\pi}.$$

**Оптимальное распределение поля на облучателе. Оптимальное соотношение размеров облучателя и отражателя. В антеннах переменного про-**

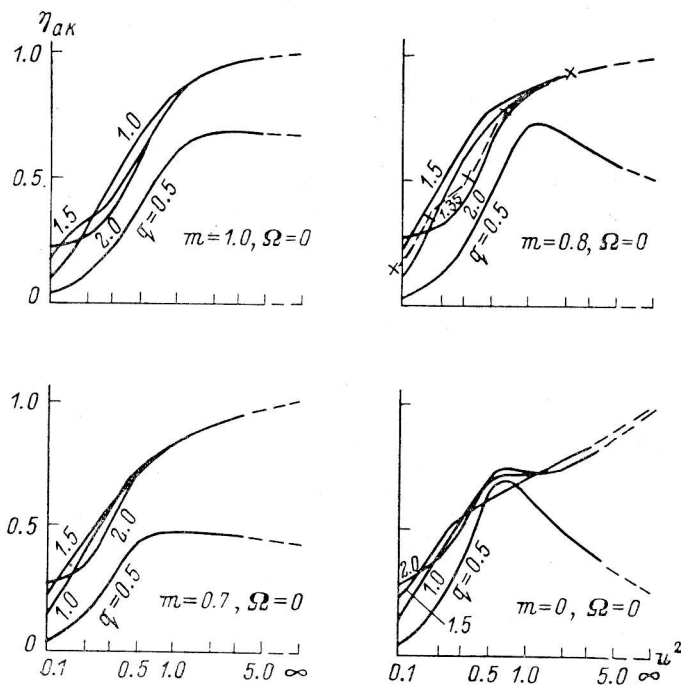


Рис. 5. Кнд перископической системы в автоколлимационном режиме.

филя наиболее дорогостоящей частью является отражатель, поэтому важно получить максимальное значение коэффициента использования вертикального размера отражателя  $\eta_a$  (в отличие, например, от перископических систем радиорелейных линий, где иногда бывает важно добиваться максимальной величины коэффициента использования облучателя).

Результаты расчета зависимости  $\eta_a(q)$  приведены на рис. 4, в. Они показывают, что для каждого значения параметра  $u^2$  при заданном распределении поля на облучателе существует оптимальное значение  $q=q_{\text{opt}}$ , т. е. оптимальное значение размера облучателя, при котором коэффициент использования вертикального размера отражателя  $\eta_a$  максимален.



Значения  $q_{opt}$  и соответствующего ему максимального коэффициента использования отражателя  $\eta_{a \max}$  в зависимости от  $u^2$  и характера распределения поля на облучателе, полученные в результате численных расчетов, приведены на рис. 6.

Асимптотические значения  $q_{opt}$  при  $u^2 \rightarrow \infty$ , найденные из формулы (13) путем исследования нулей производной  $d\eta_a/dq$ , равны:

$$\begin{cases} q_{opt} = \frac{0.742}{m}, & m \geq 0.742; \\ q_{opt} = 1, & m < 0.742. \end{cases}$$

$q_{opt}$  при  $u^2 \rightarrow \infty$  и соответствующие им  $\eta_{a \max}$  даны на графиках (рис. 6). Из рис. 6 видно, что в наиболее существенной для антенны переменного профиля области значений параметра  $u^2$  ( $0.4 < u^2 < 4$ ) максималь-

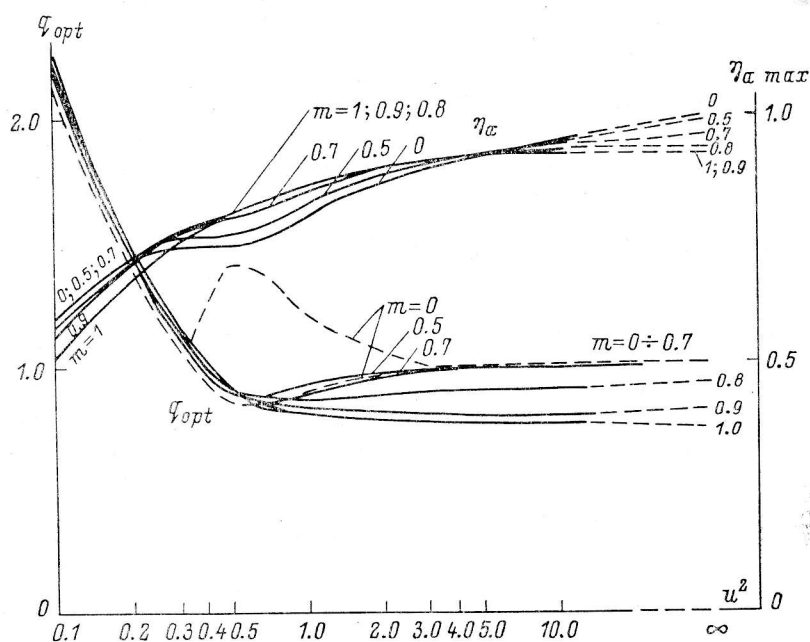


Рис. 6. Максимально достижимый коэффициент использования вертикального размера отражателя  $\eta_{a \max}$  и соответствующее ему оптимальное соотношение размеров отражателя и облучателя  $q_{opt}$ .

ное значение коэффициента использования  $\eta_{a \max}$  достигается при  $m = 0.7 \div 1$ . Это приводит к важному выводу, что в данной области оптимальным является спадающее распределение поля.

С другой стороны, с точки зрения уменьшения габаритов облучателя выгодно иметь возможно большие значения  $q_{opt}$ . Во всей области  $u^2 > 0.6$  максимальное значение  $q_{opt}$  достигается при  $m = 0 \div 0.7$ . Таким образом, распределение с  $m = 0 \div 0.7$  для облучателя оптимальных размеров ( $q = q_{opt}$ ) является, по-видимому, наилучшим, так как дает возможность получить высокий коэффициент использования отражателя  $\eta_a$  при минимальных размерах облучателя.

В областях  $u^2 < 0.4$ ,  $u^2 > 2$  наблюдается обратная картина: максимальная величина коэффициента использования  $\eta_{a \max}$  растет с уменьшением  $m$ , так что в этих областях оптимальным является равномерное распределение ( $m = 0$ ).

Все предыдущие расчеты относились к косинусоидальному амплитудному распределению поля на раскрыве облучателя. Однако общий ха-

ракетер зависимости основных параметров системы от степени спада амплитуды поля к краю раскрыва облучателя может быть, по-видимому, экстраполирован и на другие виды амплитудных распределений.

Полученные выше значения максимального коэффициента использования отражателя  $\eta_{a \max}$  даже при оптимальных величинах  $q_{\text{opt}}$  и  $m$  не достигают единицы. Объясняется это тем, что мы с самого начала задали поле на облучателе синфазным и с косинусоидальным амплитудным распределением. Можно показать, что такое распределение не является оптимальным в полном смысле слова. Действительно, оптимальным, очевидно, будет такое распределение поля на раскрыве облучателя, которое даст на раскрыве отражателя синфазное поле с равномерным амплитудным распределением. В этом случае коэффициент использования вертикального размера отражателя  $\eta_a$  будет максимальным ( $\eta_a=1$ ). Искомое распределение поля на облучателе можно получить в результате интегрального преобразования Кирхгофа, если заданным считать синфазное поле на отражателе с равномерным амплитудным распределением. Вычисление такого интеграла нами было выполнено при расчете величины  $|E_a/E_0|$  при  $m=0$ . Таким образом, искомое распределение совпадает с распределением поля, изображенного на рис. 2 сплошными (амплитуда) и штриховыми (фаза) линиями. Видно, что такое распределение является несинфазным и не может быть реализовано на апертуре ограниченных размеров. Его структура является весьма сложной и частотно-зависимой.

**Влияние несимметрии облучателя.** По конструктивным и эксплуатационным соображениям целесообразно построение облучателя антенны переменного профиля в виде несимметричного параболического зеркала с нижним расположением входных рупоров радиометров. Такая конструкция применима на радиотелескопах РАТАН-600 и БПР.

В этом случае амплитудная функция распределения поля на раскрыве облучателя оказывается несимметричной. Для оценки влияния этой несимметрии на характеристики перископической системы рассмотрим теперь несимметричное распределение поля на облучателе ( $\Omega \neq 0$ ).

Уровни мощности на краях облучателя в этом случае будут равны:

$$E_b\left(+\frac{b}{2}\right) = E_0^2 \cos^2 \frac{m\pi}{2} (1 + \Omega);$$

$$E_b\left(-\frac{b}{2}\right) = E_0^2 \cos^2 \frac{m\pi}{2} (\Omega - 1).$$

Результаты расчетов характеристик  $\eta_a$ ,  $\eta_{\text{п}}$  перископической системы показывают, что несимметрия амплитудной функции распределения облучателя вызывает несимметрию распределения поля на раскрыве отражателя, что, в свою очередь, приводит к некоторому уменьшению КПД перископической системы  $\eta_{\text{п}}$  и коэффициента использования отражателя  $\eta_a$ . Уменьшение это тем значительнее, чем больше несимметрия амплитудной функции (при одинаковом значении параметра  $m$ ). Величина падения коэффициентов  $\eta_a$ ,  $\eta_{\text{п}}$  зависит и от значения параметра  $m$ . Чем ближе характер распределения поля к равномерному, тем меньше влияние несимметрии на величины  $\eta_a$ ,  $\eta_{\text{п}}$ .

Измерение реального распределения поля на раскрыве облучателя РАТАН-600 [5] показало, что оно удовлетворительно аппроксимируется выражением (1) при  $m=0.8$  и  $\Omega=0.2$ . Такая несимметричность облучения приводит к уменьшению величин  $\eta_a$ ,  $\eta_{\text{п}}$  не более чем на 3—5%.

**Характеристики перископической системы радиотелескопа РАТАН-600.** Полученные выше семейства кривых  $\eta_a(q, m, u^2)$  и  $\eta_{\text{п}}(q, m, u^2)$  были использованы для расчета характеристик перископической системы радиотелескопа РАТАН-600 и оценки возможности повышения эффективности его работы. Необходимость таких расчетов вызвана следующим. При проектировании радиотелескопа предполагалось, что в коротко-

волновой части рабочего диапазона будет использоваться только центральная, наиболее точная часть отражающих элементов (высота 5 м) [3]; однако после окончания проектирования и строительства радиотелескопа выяснилось, что точность изготовления отражающих элементов

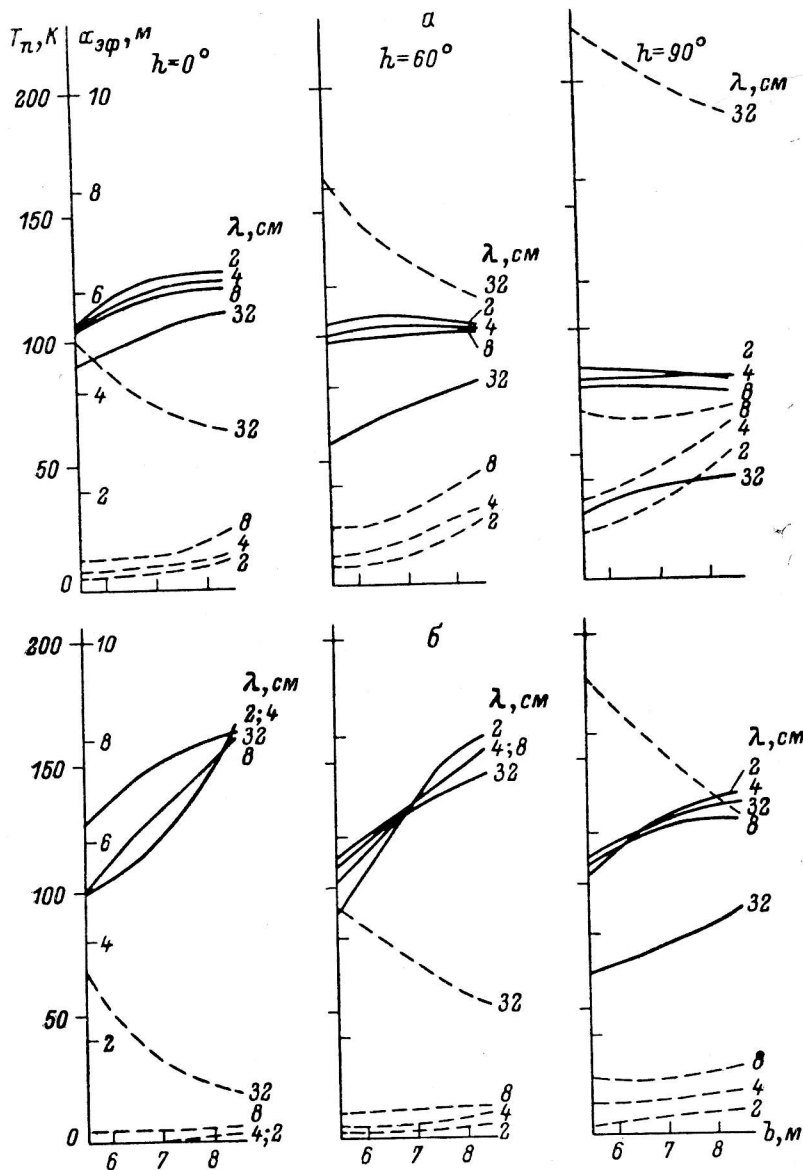


Рис. 7. Эффективный вертикальный размер отражателя радиотелескопа РАТАН-600  $\alpha_{зф}$  (сплошная линия) и шумовая температура его перископической системы  $T_{ш}$  (штриховая линия).

$a - a_0 = 7.4$ ;  $б - 11.1$  м.

главного зеркала такова, что ее достаточно для использования всей поверхности элементов (высота 7.4 м) и на коротких волнах. Таким образом, возникла задача определения оптимального размера облучателя при высоте отражателя  $a_0 = 7.4$  м.

Кроме того, теоретический анализ и измерения [5] показали, что для снижения шумовой температуры радиотелескопа целесообразно установить дополнительные антишумовые экраны. Эти экраны увеличат

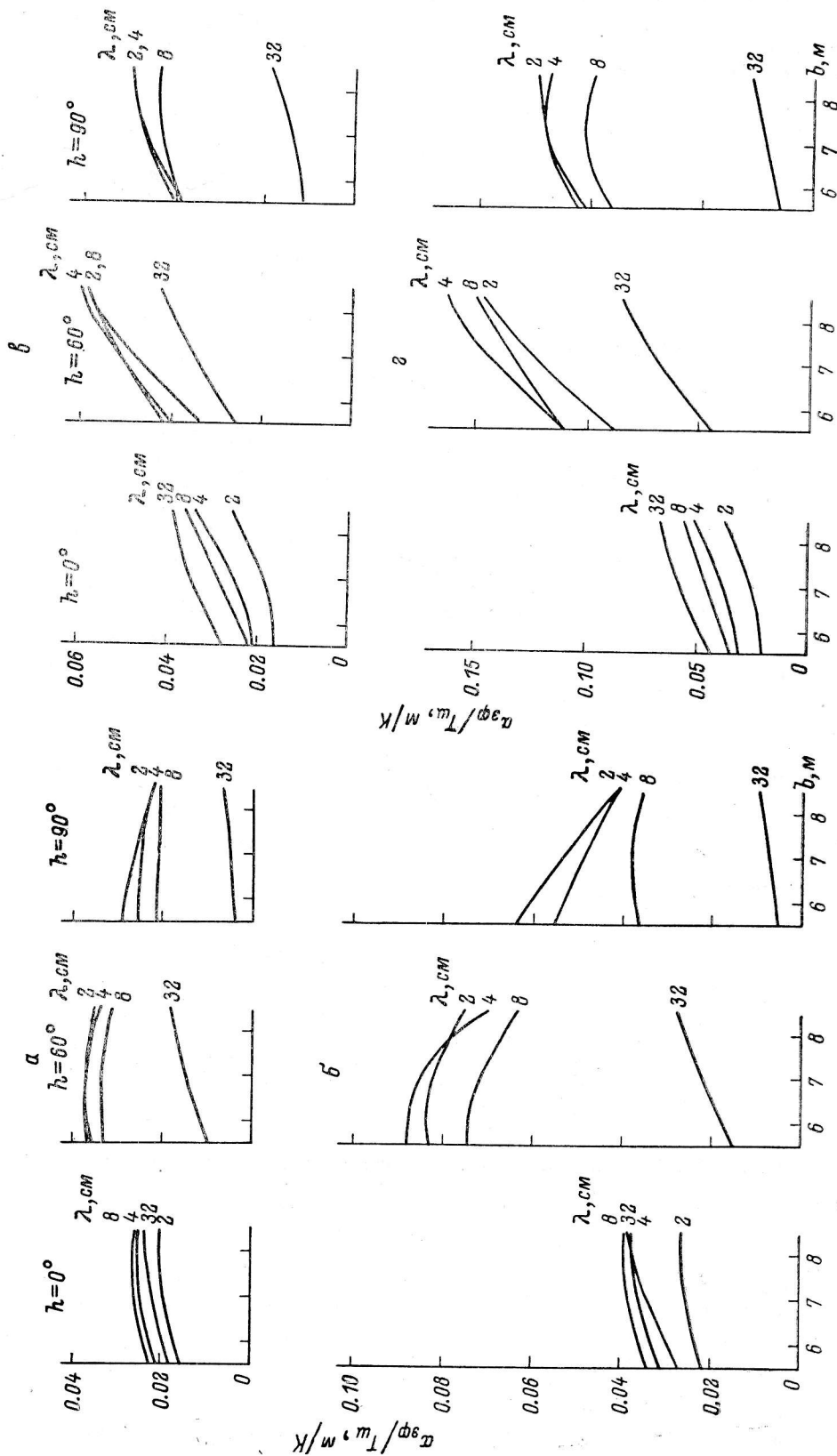


Рис. 8. Отношение  $a_{эф}/T_{эф}$  для радиотелескопа РАТАН-600 при высоте ограждения 7.4 и 11.1 м.  
 Тип: К: а, в — 100; б, г — 20; α, м: а, б — 7.4; в, г — 11.1.

вертикальный размер отражателя до 11.1 м. Хотя точность поверхности экранов будет ниже точности основной поверхности щита, в большей части рабочего диапазона волн их действие, по-видимому, будет эквивалентно просто увеличению размеров отражателя.

На рис. 7 приведены результаты расчетов эффективной высоты отражателя  $a_{эф}$ , определяющей эффективную площадь антенны, и компоненты шумовой температуры антенны, обусловленной переоблучением в перископической системе,  $T_n = T_0 (1 - \eta_n)$ , где  $T_0 = 300$  К.

Расчеты проводились для отражателя высотой 7.4 и 11.1 м для разных углов места источника  $h$  и разной высоты облучателя  $b$  при  $m = 0.8$  и  $\Omega = 0.2$ .

Полученные зависимости показывают, что при высоте отражателя 7.4 м увеличение высоты облучателя по сравнению с существующим ( $b = 5.5$  м) может дать некоторое увеличение эффективной площади антенны на всех волнах при работе на низких углах места и в длинноволновой части диапазона при работе на средних и высоких углах места.

При высоте отражателя 11.1 м увеличение высоты облучателя в еще большей степени увеличивает эффективную площадь антенны во всем диапазоне волн.

Следует, однако, отметить, что увеличение высоты облучателя почти во всех случаях приводит к увеличению  $T_n$ , а следовательно, и к увеличению шумовой температуры радиотелескопа в целом.

В большинстве случаев для радиотелескопов важно иметь максимальную величину отношения эффективной площади к шумовой температуре. На рис. 8 приведены результаты расчета  $a_{эф}/T_n$ , где  $T_n$  — шумовая температура радиотелескопа. Шумовая температура вычисляется следующим образом:

$$T_n = T_n + \eta_n (T_{атм} + T_{мг} + T_{щ}) + T_{рун} + T_{пр}.$$

Здесь  $T_{атм}$  — шумовая температура атмосферы. Она зависит от длины волны и угла места источника. Для определения  $T_{атм}$  мы воспользовались результатами Хогга [7], хорошо совпадающими с экспериментальными данными;  $T_{мг} = 3$  К — температура метagalактического фона;  $T_{щ} = 8$  К — шумовая температура, обусловленная щелями между элементами главного зеркала;  $T_{рун} = 3$  К — шумовая температура первичного рупорного облучателя;  $T_{пр}$  — шумовая температура радиоприемного устройства.

При вычислении  $a_{эф}/T_n$  рассматривались два случая:  $T_{пр} = 20$  К (рис. 8, б, г) и  $T_{пр} = 100$  К (рис. 8, а, е).

Приведенные графики показывают, что величина  $a_{эф}/T_n$  зависит от размера облучателя, угла места источника и волны более сложным образом, чем  $\eta_n$ . Во всех случаях, однако, оптимальный размер облучателя превышает высоту облучателя, имеющегося в настоящее время (5.5 м).

Таким образом, с точки зрения как увеличения эффективной площади антенны, так и увеличения  $a_{эф}/T_n$  целесообразно увеличить высоту облучателя радиотелескопа РАТАН-600 до 7—7.5 м при высоте отражателя 7.4 м и не менее чем до 8.5 м при высоте отражателя 11.1 м. Окончательный выбор размера облучателя должен быть сделан с учетом влияния диагональных ошибок [6] и после того, как определится точность отражающей поверхности антишумовых экранов.

Поступила в редакцию  
14.11.79

### Список литературы

1. Хайкин С. Э., Кайдановский Н. Л., Есепкина Н. А., Шиврис О. Н. Большой пулковский радиотелескоп. — Изв. ГАО, 1960, 164, с. 3—26.
2. Хайкин С. Э., Кайдановский Н. Л., Есепкина Н. А. Радиотелескоп РАТАН-600. — Изв. ГАО, 1972, 188, с. 3—12.
3. Брауде Б. В., Есепкина Н. А., Кайдановский Н. Л., Парийский Ю. Н., Шиврис О. Н. Выбор размеров отражающих элементов и расчет электрических характеристик радиотелескопа РАТАН-600. — Изв. ГАО, 1972, 188, с. 40—53.
4. Покрас А. М. Перископические антенны и беспроводные линии передач. М., Связьиздат, 1963.
5. Корольков Д. В., Майорова Е. К., Стоцкий А. А. Экспериментальное исследование диаграммы направленности облучателя радиотелескопа РАТАН-600 и расчет шумовой температуры антенны. — Астрофиз. исслед. (Изв. САО), 1978, 10, с. 85—92.
6. Парийский Ю. Н., Шиврис О. Н. О возможности увеличения разрешающей способности Большого пулковского радиотелескопа. — Изв. ГАО, 1970, 185, с. 191—201.
7. Hogg D. C. Effective antennas temperature due to oxygen and water vapor in the atmosphere. — J. Appl. Physics, 1959, 30, p. 1417.