

# КОЭФФИЦИЕНТ ШУМА РАДИОТЕЛЕСКОПА

Э. С. БУРУНСУЗЯН

Вводится понятие коэффициента шума для рационально спроектированных систем приема информации из космоса. Получены выражения для коэффициентов шума среды, антенн, аппаратурной части и радиотелескопа в целом. Указана возможность измерения коэффициента шума и оценки шумовой температуры антенн и их эквивалентной площади приема.

## 1. Введение

Настоящая работа посвящена задаче оценки коэффициента шума систем, предназначенных для приема радиоинформации из космоса. Термин „радиотелескоп“, который мы применяем, обобщает радиоприемные системы связи, телеметрии, радиоастрономические и другие и предусматривает использование крупногабаритных антенн, характерных для приема информации из космоса.

Будем называть входом радиотелескопа область, заключенную внутри малого телесного угла  $\Omega_{вх}$ , ориентированного вдоль главного направления приема. Энергию, поступающую в радиотелескоп, через указанную область будем считать поступившей на вход радиотелескопа. Энергию, поступившую из других направлений, будем считать порожденной в среде распространения. Такое разделение продиктовано тем обстоятельством, что полезная информация всегда поступает из узкого телесного угла  $\Omega_{вх}$ .

Входное отношение сигнал/шум определяется бортовыми устройствами, удалением космического объекта и эффективной температурой среды в направлении на объект. Оно не зависит от параметров приемного комплекса. Входное отношение  $s/\text{ш}$ , отнесенное к отношению  $s/\text{ш}$  на выходе линейной части приемника, представляет собой реальный коэффициент шума радиотелескопа  $N = s_{вх}/s_{вых}$ .

Понятие реального коэффициента шума введено в работе [1] и подробно рассмотрено в работе [2].

Выходное отношение  $s_{вых}$  определяет собой помехоустойчивость и эффективность канала связи. Входное отношение  $s_{вх}$  определяет энергетику канала (характеризует мощность бортового передатчика). Коэффициент шума  $N$  оценивает шумовые свойства приемного комплекса. Элементарная связь этих трех величин позволяет весьма просто оценивать энергетику канала при заданной помехоустойчивости или эффективности либо наоборот, оценивать помехоустойчивость или эффективность при заданной энергетике для любого приемного комплекса с известным коэффициентом шума. В свете сказанного, введение понятия коэффициента шума радиотелескопа, с учетом возможности его измерения, оказывается методически оправданным. Для проведе-

ния соответствующего анализа будем рассматривать радиотелескоп как систему, состоящую из трех последовательно соединенных подсистем. В качестве первой подсистемы рассмотрим среду, через которую излучение поступает в пункт приема, ко второй подсистеме отнесем антенны, а к третьей— всю линейную часть приемной аппаратуры. Такое разделение отвечает реальному прохождению информации через радиотелескоп и обеспечивает наглядность полученных результатов. В соответствии с принятым разделением мы будем рассматривать реальные коэффициенты шума среды, антенн и аппаратуры. Коэффициент шума радиотелескопа при этом будет определяться произведением  $N = N_{cp} \cdot N_A \cdot N_{ан}$ .

Для оценки искомого коэффициента шума воспользуемся известными соотношениями.

1. Шумовая мощность, поглощаемая раскрытом антенной системы из области, ограниченной телесным углом  $\Omega$  в интервале частот равном одному герцу, определяется интегралом

$$P_A = \frac{1}{2} \int_{\Omega} A(q) I(q) d\Omega, \quad (1)$$

в котором  $I(q)$ —интенсивность излучения для различных направлений  $q$ , связанная с температурой неба законом Релея—Джинса

$$I(q) = \frac{2k}{\lambda^2} T_H(q). \quad (2)$$

Под температурой неба понимается эффективная температура, учитывающая излучения общего космического фона и толщи атмосферы. Она, естественно, зависит от угла визирования. Для направлений близких к горизонту она существенно больше, чем в зените. В данной работе мы условно распространяем понятие температуры неба и на тыльную для антенн полусферу, подразумевая под  $T_H$  в этой полусфере кажущуюся температуру излучения земли.  $A(q)$ —эффективная площадь приема, так же зависящая от направления приема  $q$ . Множитель  $\frac{1}{2}$  перед интегралом учитывает прием одного компонента поляризации и должен опускаться для антенных систем, реагирующих на оба компонента. Для дальнейшего отметим, что эффективная площадь приема удовлетворяет уравнению

$$\int_{4\pi} A(q) d\Omega = \lambda^2, \quad (3)$$

а ее максимальное значение  $A_m$ , соответствующее нормальному к раскрытию направлению приема, определяет собой так называемый телесный угол антенной системы  $\Omega_A$ ,

$$\Omega_A = \frac{\lambda^2}{A_m}. \quad (4)$$



Этот угол характеризует величину „поля зрения“ антенной системы и не зависит от способа реализации площади  $A$ . Например, если полная площадь приема  $A_m$  реализована в виде двух разнесенных антенн (интерферометр) с площадью каждой равной  $A_m/2$ , то „поле зрения“ каждой антенны будет определяться углом  $2\Omega_A$ . Для антенной системы в целом внутри угла  $2\Omega_A$  будут зоны прохождения и непрохождения сигнала (интерференция) и, следовательно, фактическое „поле зрения“ системы в целом будет определяться лишь зонами прохождения и будет составлять угол вдвое меньший, чем  $2\Omega_A$ , т. е. угол, определяемый полной площадью приема.

2. По определению, реальный коэффициент шума какой-либо системы представляет собой отношение выходной мощности шумов от всех причин  $P_{\Sigma}$  к выходной мощности шумов  $P_{в.х}$ , обусловленной шумом, поступившим на вход системы, когда последняя находилась в реальных условиях работы:

$$N = \frac{P_{\Sigma}}{P_{в.х}} \quad (5)$$

Если система состоит из устройств, выходы которых запараллельны, то реальный коэффициент шума такой системы выражается более сложной формулой:

$$N = \frac{\sum_i P_i K_i N_i}{\sum_i P_i K_i} \quad (6)$$

здесь  $P_i$  — мощности, отдаваемые нагрузке,

$K_i$  — коэффициенты усиления по мощности в условиях соединенных между собой выходов, а

$N_i$  — соответствующие реальные коэффициенты шума.

Выражение (6) непосредственно следует из определения (5). В частном случае, когда все  $N_i$  равны между собой и равны  $N_0$ , общий коэффициент шума оказывается равным значению  $N_0$ . В другом частном случае при всех  $P_i K_i$ , равных между собой, общий коэффициент шума оказывается равным среднему по всем значениям  $N = \bar{N}_i$ .

Из выражения (6) следует важный вывод — общий коэффициент шума может быть минимальным только при условии равенства всех коэффициентов шума желаемому минимальному значению.

Для полноты заметим, что значения реальных коэффициентов шума, соответствующие двум различным мощностям шумов, поступающих на вход устройства, связаны между собой однозначной зависимостью. Обозначая через  $P_{устр}$  мощность шумов, генерируемых в устройстве и поступающих в его нагрузку, для реальных коэффициентов шума в различных условиях работы имеем такие выражения:

$$N_1 = \frac{P_{\Sigma_1}}{P_{в.х_1}} = \frac{P_{в.х_1} + P_{устр}}{P_{в.х_1}} \quad (7)$$



$$N_2 = \frac{P_{\Sigma_2}}{P_{\sigma x_2}} = \frac{P_{\sigma x_2} + P_{устр}}{P_{\sigma x_2}}, \quad (7)$$

Исключая из этих выражений одну и ту же мощность  $P_{устр}$ , получаем

$$(N_1 - 1) N_{\sigma x_1} = (P_2 - 1) P_{\sigma x_2}. \quad (8)$$

Следовательно, пересчет коэффициента шума от одних условий работы к другим может быть произведен по формуле

$$N_2 = 1 + (N_1 - 1) \frac{P_{\sigma x_1}}{P_{\sigma x_2}}. \quad (9)$$

Приведенные соотношения позволяют оценить все сомножители произведения

$$N = N_{ср} \cdot N_A \cdot N_{ан}. \quad (10)$$

## 2. Коэффициент шума среды

По определению коэффициент шума представляет собой отношение мощностей шума в нагрузке.

Распространение завершается поглощением энергии антеннами, поэтому их эффективная площадь приема  $A$  может рассматриваться как поглощающая энергию нагрузка.

Для оценки коэффициента шума используем выражения (1) и (2):

$$P_A = \frac{k}{\lambda^2} \int_{\Omega} T_H(q) A(q) d\Omega. \quad (11)$$

Полная мощность шумов, поглощаемых антенной системой, определяется интегрированием по всей сфере:

$$P_{4\pi} = \frac{k}{\lambda^2} \int_{4\pi} T_H(q) A(q) d\Omega. \quad (12)$$

На основании (3) это выражение можно представить в виде

$$P_{4\pi} = k \cdot \bar{T}_H, \quad (13)$$

где  $\bar{T}_H$  — усредненная по всей сфере температура неба.

Поскольку с приближением к горизонту  $T_H(q)$  растет, то при направлениях антенн под малыми углами к горизонту  $\bar{T}_H$  будет существенно больше, чем в случае антенн, направленных в зенит.

Мощность, поступившую в нагрузку через вход радиотелескопа, можно получить из того же выражения (11), если ограничить интегрирование малым телесным углом  $\Omega_{\sigma x}$ , ориентированным вдоль главного направления приема, и положить в области интегрирования  $T_H(q) = T_H = \text{const}$ . Интеграл в этом случае примет вид

$$P_{\sigma x} = \frac{k T_H}{\lambda^2} \int_{\Omega_{\sigma x}} A(q) d\Omega. \quad (14)$$

Внутри малого угла  $\Omega_{\sigma x}$  можно считать  $A(q) = A_m$ , что дает



$$P_{вх} = \frac{kT_H}{\lambda^2} A_m \cdot \Omega_{вх}. \quad (15)$$

Для коэффициента шума среды делением (13) на (15) получим

$$N_{ср} = \frac{\lambda^2}{A_m \Omega_{вх}} \cdot \frac{\bar{T}_H}{T_H} \quad (16)$$

или с учетом (4)

$$N_{ср} = \frac{\Omega_A}{\Omega_{вх}} \cdot \frac{\bar{T}_H}{T_H}. \quad (17)$$

Так как  $\Omega_{вх}$  и  $T_H$  принципиально меньше  $\Omega_A$  и  $\bar{T}_H$ , коэффициент шума среды всегда больше единицы. При заданном  $\Omega_{вх}$  уменьшение коэффициента шума может быть достигнуто только увеличением площади приема.

Современные антенны имеют многолепестковый характер диаграмм направленности, следовательно, увеличивать площадь приема можно только до размеров, при которых телесный угол главного лепестка диаграммы  $\Omega_{г.л}$  станет равным телесному углу входа. При этом коэффициент шума становится минимальным

$$N_{ср\min} = \frac{\Omega_A}{\Omega_{г.л}} \cdot \frac{\bar{T}_H}{T_H}. \quad (18)$$

На практике угловые размеры источников информации в лучшем случае оцениваются минутами дуги, что говорит о малости телесного угла входа. При таких условиях обеспечение равенства  $\Omega_{вх} = \Omega_{г.л}$  сопряжено со значительными трудностями конструктивного порядка. Это обстоятельство говорит о том, что значение (18) должно рассматриваться, как теоретический предел, к которому следует стремиться. Коэффициенты шума среды для современных радиотелескопов, работающих на так называемые точечные источники излучения, пока еще значительно больше минимальных.

### 3. Коэффициент шума антенн

Для общности мы рассматриваем не одну антенну, а антенную систему, содержащую множество одинаково направленных антенн с произвольным их расположением в пункте приема. Такое рассмотрение обобщает системы, сооруженные в виде различных интерферометров, крестов и единичных антенн, и поэтому для практических расчетов оказывается весьма удобным. Нагрузка антенной системы мыслится рассредоточенной, состоящей из нагрузок отдельных антенн. Это обстоятельство не будет противоречить расчету коэффициента шума по общей формуле (6), если под мощностями, поступившими в нагрузку, будут подразумеваться суммы мощностей, поступивших в нагрузки отдельных антенн. Сказанное позволяет рассматривать систему как параллельное соединение отдельных антенн и для коэффициента шума по аналогии с (6) написать выражение

$$N_A = \frac{\sum_i P_i \eta_i N_i}{\sum_i P_i \eta_i} \quad (19)$$

в котором  $\eta_i$  — коэффициенты полезного действия отдельных антенн, представляющие собой коэффициенты передачи мощности от раскрывов к нагрузкам, а  $N_i$  — соответствующие коэффициенты шума. На основании (13) все мощности  $P_i$ , поглощаемые отдельными антеннами, при одинаковых диаграммах и одинаковых направлениях приема, равны между собой, поэтому выражение (19) упрощается:

$$N_A = \frac{\sum_i \eta_i N_i}{\sum_i \eta_i} \quad (20)$$

Как видим, для оценки коэффициента шума всей системы достаточно знать параметры отдельных антенн.

Коэффициент шума одной антенны определяется дробью

$$N_i = \frac{\eta_i P_A + P_{MH}}{\eta_i P_A} \quad (21)$$

В написанном выражении  $P_A$  — мощность, поглощенная раскрывом антенны, а  $P_{MH}$  — мощность шумов, генерированная материалом антенны и поглощенная ее нагрузкой. Часть мощности, поступившая в раскрыв антенны, поглощается ее материалом. Если эту поглощенную мощность обозначить через  $P_{AM}$ , то по определению к.п.д.

$$\eta = \frac{P_A - P_{AM}}{P_A} \quad (22)$$

Используя (22), можно (21) переписать так

$$N_i = \frac{P_A - P_{AM} + P_{MH}}{\eta P_A} \quad (23)$$

В идеализированном случае, когда шумовая температура  $\bar{T}_H$  окружающей антенну сферы совпадает с физической температурой  $T_M$  материала антенны и в условиях согласования сопротивления излучения антенны с сопротивлением ее нагрузки, шумовая мощность, генерируемая материалом антенны, распределяется между этими сопротивлениями в равных количествах. Антенны всегда работают в условиях, близких к согласованию и, следовательно, мощность шумов, генерируемая материалом и излучаемая антенной ( $P_{MA}$ ), равна мощности шумов материала, поглощенной нагрузкой,  $P_{MA} = P_{MH}$ .

По тем же причинам мощность, воспринятая антенной и поглощенная ее материалом ( $P_{AM}$ ), равна мощности, генерированной в нагрузке антенны и рассеянной в ее материале:  $P_{AM} = P_{MH}$ .



Из элементарных соображений относительно теплового равновесия материала антенны вытекает равенство между мощностями, генерированной и поглощенной материалом:

$$P_{MH} + P_{MA} = P_{HM} + P_{AM} \quad (24)$$

Последние три равенства показывают, что

$$P_{AM} = P_{MH}. \quad (25)$$

Используя этот результат совместно с (23), для коэффициента шума одной идеализированной антенны получим формулу

$$N_{ид} = \frac{1}{\eta}. \quad (26)$$

В общем случае  $\bar{T}_H \neq T_M$  по формуле (9) имеем

$$N_1 = 1 + (N_{1иг} - 1) \frac{P_{вхид}}{P_{вх}}, \quad (27)$$

и так как

$$\frac{P_{вхид}}{P_{вх}} = \frac{T_M}{\bar{T}_H}, \quad (28)$$

получаем

$$N_1 = 1 + \frac{1 - \eta}{\eta} \cdot \frac{T_M}{\bar{T}_H}. \quad (29)$$

Вернемся к формуле для коэффициента шума всей антенной системы. Подставляя (29) в числитель (20), сразу получаем

$$N_A = 1 + \frac{1 - \eta_l}{\eta_l} \cdot \frac{T_M}{\bar{T}_H}. \quad (30)$$

В частном случае, когда все  $\eta$  равны между собой, коэффициент шума системы оказывается равным коэффициенту шума одной (любой) антенны.

#### 4. Аппаратурный коэффициент шума

В общем случае многоантенного радиотелескопа энергия, воспринятая отдельными антеннами, передается на большие расстояния к месту основного усиления и индикации. Применение протяженных, канализирующих энергию устройств (линии, волноводы), требует использования предварительных усилителей, обеспечивающих малый коэффициент шума аппаратурной части радиотелескопа. В рационально спроектированном радиотелескопе коэффициентом шума основного усилительного устройства можно пренебречь, так как последний легко может быть обеспечен много меньшим коэффициентом шума предшествующей части. Для этого достаточно правильно распределить усиление между основным и предварительным усилителями. Учитывая это обстоятельство, под аппаратурным коэффициентом шума радиотелескопа следует под-



разумевать коэффициент шума системы, состоящей из предварительных усилителей и линий передачи, нагруженных на одно и то же сопротивление входа основного усилителя. Коэффициент шума такой системы определяется выражением (6).

$$N_{an} = \frac{\sum_i P_i K_i N_i}{\sum_i P_i K_i}, \quad (31)$$

где  $P_i$  — мощности, поглощаемые входами предварительных усилителей,  $K_i$  — коэффициенты передачи по мощности для отдельных трактов, а  $N_i$  — реальные коэффициенты шума упомянутых трактов.

Коэффициенты шума  $N_i$  по определению (5) равны

$$N_i = \frac{P_{вх_i} + P_{Tl}}{P_{вх_i}}, \quad (32)$$

где  $P_{вх_i}$  — мощность, поступающая на вход основного усилителя, прошедшая через вход  $i$ -го предварительного усилителя, а  $P_{Tl}$  — мощность шумов на той же нагрузке, обязанная шумам  $i$ -го тракта. Если разделить числитель и знаменатель (32) на  $K_i$ , то получим

$$N_i = \frac{P_i + P_{y_i}}{P_i}, \quad (33)$$

где  $P_{y_i}$  — представляет собой мощность  $P_{Tl}$ , приведенную ко входу предварительного усилителя. Подставляя (33) в (31), получаем

$$N_{an} = 1 + \frac{\sum_i K_i P_{y_i}}{\sum_i K_i P_i}. \quad (34)$$

Коэффициенты передачи по мощности предварительных усилителей всегда выбираются такими, чтобы шумами в нагрузке, обязанными линиям передачи, можно было бы пренебречь. При таких условиях мощность шумов тракта, приведенная ко входу, фактически является приведенной ко входу мощностью шумов самого предварительного усилителя. Последнюю следует считать одинаковой для всех усилителей, так как если оказывается доступным создание усилителя с некоторой приведенной мощностью  $P_y$ , то реализация усилителей с  $P_{y_i} > P_y$  лишена смысла, ибо она приводит к повышению общего уровня шумов. Сказанное позволяет для рационально спроектированных радиотелескопов формулу (34) переписать в виде

$$N_{an} = 1 + P_y \frac{\sum_i K_i}{\sum_i K_i P_i} \quad (35)$$



и под  $P_y$  подразумевать мощность шумов одного предварительного усилителя, приведенную к его входу и совпадающую с таковой для всех других усилителей.

В рационально спроектированных системах предварительного усиления для целей максимального уменьшения коэффициента шума трактов усиление предварительных усилителей выбирается тем большим, чем больше длина соответствующего фидера. Связь между усилением и длиной фидера  $l$  обычно имеет вид

$$K_{ysl} = K_0 e^{\beta l}, \quad (36)$$

где  $K_0$  — некоторый необходимый минимум усиления (при  $l=0$ ), одинаковый для всех трактов,  $\beta$  — затухание по мощности на единицу длины.

Экспоненциальный множитель  $e^{\beta l}$  представляет собой величину обратную коэффициенту передачи фидера. Как видим, для рационально спроектированной системы предварительного усиления

$$K_l = K_{ysl} \cdot K_{фидл} = K_0 \quad (37)$$

и, следовательно,

$$N_{ан} = 1 + \frac{P_y}{P_l}. \quad (38)$$

Из выражений (13) и (29) следует, что

$$\bar{P}_l = k \bar{T}_H \cdot \bar{\eta}_l \cdot N_A = k [\bar{\eta}_l \bar{T}_H + (1 - \bar{\eta}_l) T_M]. \quad (39)$$

Мощность  $P_y$  можно выразить через температуру шумов усилителя  $T_y$ ,  $P_y = k T_y$ , (38) при этом принимает вид

$$N_{ан} = 1 + \frac{T_y}{\bar{\eta}_l \bar{T}_H + (1 - \bar{\eta}_l) T_M}. \quad (40)$$

По аналогии с одной антенной и для антенной системы целесообразно ввести понятие шумовой температуры, определив ее выражением

$$T_A = \bar{\eta}_l \bar{T}_H + (1 - \bar{\eta}_l) T_M. \quad (41)$$

Формулу для реального коэффициента шума аппаратурной части можно тогда записать в виде

$$N_{ан} = 1 + \frac{T_y}{T_A}. \quad (42)$$

### 5. Коэффициент шума радиотелескопа

В предыдущих параграфах получены формулы для оценки коэффициентов шума среды, антенной системы и аппаратуры. Так как коэффициент шума радиотелескопа в целом равен произведению упомянутых коэффициентов, имеем

$$N = \frac{\Omega_A}{\Omega_{ох}} \cdot \frac{T_A + T_y}{\bar{\eta}_l T_H}. \quad (43)$$

Удобно ввести понятие температуры раскрыва антенн:

$$T_{\text{раскр}} = \frac{1}{\eta_l} (T_A + T_y), \quad (44)$$

тогда

$$N = \frac{\Omega_A}{\Omega_{\text{вх}}} \cdot \frac{T_{\text{раскр}}}{T_H}. \quad (45)$$

Определение  $N$  расчетным путем возможно лишь приближенно, так как температура  $T_{\text{раскр}}$  существенно зависит от ориентации антенны и состояния окружающей антенну среды.

Наиболее полные сведения относительно расчетных методов даны в работе [4].

Большую практическую значимость имеет измерение коэффициентов шума уже сооруженных радиотелескопов.

По аналогии с температурой шумов усилителей введем в рассмотрение температуру шумов радиотелескопа  $T_{pT}$  и представим его реальный коэффициент шума в виде

$$N = 1 + \frac{T_{pT}}{T_H}. \quad (46)$$

Направим радиотелескоп последовательно в две точки на небесной сфере и зафиксируем два показания **оконечного** индикатора  $\alpha_{\text{сф}}$  и  $\alpha_u$ . Показания этого индикатора должны быть пропорциональны мощностям в нагрузке радиотелескопа. В качестве такого индикатора можно использовать обычный квадратичный детектор с микроамперметром в цепи постоянного тока при условии компенсации начального тока диода. Первая точка выбирается в направлении, для которого необходимо оценить коэффициент шума (46), а в качестве второй точки выбирается некоторый дискретный источник космического радиоизлучения с известными угловыми размерами и с известной яркостной температурой  $T_u$ , расположенный в области с такой же температурой фона. Реальный коэффициент шума для второго направления будет определяться выражением, подобным выражению (46):

$$N_u = 1 + \frac{T_{pT}}{T_H + T_u}. \quad (47)$$

Если для обоих направлений под телесным углом входа подразумевать телесный угол, опирающийся на выбранный источник, то температура  $T_{pT}$ , входящая в (36) и (47), будет одной и той же. Исключая ее из этих выражений, получим

$$T_u = NT_H \left[ \frac{N_u (T_H + T_u)}{NT_H} - 1 \right]. \quad (48)$$

Показания индикатора  $\alpha_{\text{сф}}$  и  $\alpha_u$  одинаково пропорциональны произведениям  $NT_H$  и  $N_u (T_H + T_u)$  соответственно, следовательно, их отношение равно

$$\frac{\alpha_u}{\alpha_{\text{сф}}} = \frac{N_u (T_H + T_u)}{NT_H}. \quad (49)$$



Подставляя (49) в (48), получим искомую формулу для экспериментальной оценки  $N$  в выбранном направлении  $q$ :

$$N(q) = \frac{T_u/N_H}{\frac{\alpha_u}{\alpha_\phi} - 1}. \quad (50)$$

Так как  $N$  обратно пропорционально  $\Omega_{в.х.}$ , коэффициент шума, измеренный для одного телесного угла входа, легко может быть пересчитан для любого другого угла.

Измеряя  $N(q)$  для различных направлений, можно оценить среднее по области обзора значение коэффициента шума.

В заключение полезно отметить, что по измеренным значениям коэффициентов шума можно оценить все основные параметры антенн. Например, для измерения температуры шумов антенной системы можно поступить следующим образом. После измерения  $N$  методом, изложенным выше, можно произвести второе измерение  $N$  для того же направления и по тому же источнику, но с измененной температурой шумов усилителя. Отношение коэффициентов шума двух упомянутых измерений на основании (45) равно

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{T_{раскр_1}}{T_{раскр_2}}. \quad (51)$$

С учетом (44) имеем

$$\frac{T_A + T_{y_1}}{T_A + T_{y_2}} = \frac{N_1}{N_2}. \quad (52)$$

Откуда вытекает

$$T_A = \frac{\frac{N_1}{N_2} T_{y_2} - T_{y_1}}{1 - \frac{N_1}{N_2}}. \quad (53)$$

Измеренное значение  $T_A$  позволяет дать оценку и эффективной площади антенной системы.

Действительно, используя (41) и (43), можно написать

$$\bar{\eta}_l A_m = \frac{\lambda^2}{\Omega_{в.х.}} \cdot \frac{T_A + T_y}{T_H} \cdot \frac{1}{N}. \quad (54)$$

При расчетах, естественно, численное значение  $\Omega_{в.х.}$  должно соответствовать углу, для которого измерялся коэффициент шума  $N$ .

К. п. д. антенной системы можно оценить по формуле

$$\bar{\eta}_l = \frac{T_M - T_A}{T_M - \bar{T}_H}, \quad (55)$$

вытекающей из (41), если предварительно снята диаграмма направленности и взят интеграл (12) с учетом (13), определяющий  $\bar{T}_H$ .

## Л И Т Е Р А Т У Р А

1. А. Д. Белоусов, Расчет коэффициента шума радиоприемников. Оборонгиз, 1959.
2. Е. П. Дементьев, Элементы общей теории и расчета шумящих линейных цепей. Госэнергоиздат, 1963.
3. А. Г. Николаев, С. В. Перцов, Радиотеплолокация. [Изд. „Соврадио“, 1964.
4. Н. М. Цейтлин, Применение методов радиоастрономии в антенной технике. Изд. „Соврадио“, 1966.

## ՌԱԴԻՈԱՍՏՂԱԴԻՏԱԿԻ ԱՂՄՈՒԿԻ ԳՈՐԾԱԿԻՑԸ

Է. Ս. ԲՈՒՆՍՈՒՆՅԱՆ

Տիեզերքից ինֆորմացիայի ընդունման քաղցրնալ կերպով նախագծված սխեմաների համար մտցված է աղմուկի գործակցի հասկացողությունը:

Միջավայրի, անտենաների, սարքավորման և ամբողջությամբ ռադիոաստղադիտակի աղմուկի գործակցի համար ստացված են համապատասխան արտահայտություններ:

Յույց է տրված աղմուկի գործակցի շահման հնարավորությունը և բերված է անտենաների աղմկային ջերմաստիճանի ու նրանց ընդունման համարժեք մակերեսների զնաչատումը:

## THE NOISE COEFFICIENT OF A RADIOTELESCOPE

E. S. BURUNSUZIAN

A concept of the noise coefficient for rationally designed systems to receive information from cosmos is introduced,

The possibility to measure the noise coefficient using radioastronomical data is suggested. The interrelation of the noise coefficient and noise temperature concepts allows to estimate respective temperatures, by measuring the noise coefficient. The possibility to evaluate the noise temperature of the antenna and its effective area of reception is shown.