

Рис.26. Примерные графики зависимостей уровня внутреннего и внешнего шумов от частоты.

- средние атмосферные шумы.
- внутренние шумы аппаратуры приёма.
- космический шум.
- шум спокойного Солнца.
- ▨ внутренние шумы луннельных диодов. (ЛД)
- ▩ внутренние шумы параметрических усилителей (ПУ)
- ▧ внутренние шумы кварцевых усилителей (КУ)
- ▤ шум, обусловленный помехами в тропосфере.

- 1- нижняя граница "радиокна", обусловленная помехами и потерями.
- 2- граница, обусловленная рассеянием в атмосфере (аэрозольная пыль, дождь).
- 3- граница целесообразности использования электровакуумных ламп.
- 4- граница использования полупроводников.
- 5- граница использования УТД, ПУ, КУ.
- 6- граница, обусловленная собственным излучением паров воды и кислорода.
- 7- верхняя граница "радиокна" космической связи, обусловленная рассеянием в тропосфере.

На рис.2 показана структура внутренних и внешних шумов приёмника.

<sup>1</sup> См. стр.1-13 в //econf.rae.ru/article/9490..9491

- Выводы: 1) Космический шум, как более неориентированный, преобладает у нижней границы области пропускания и уменьшается с ростом частоты до тех пор, пока шумы приёмного устройства не станут преобладающими;
- 2) В современных приёмных устройствах шумы приёмника преобладают на частотах выше 300 МГц при антеннах, направленных в сторону областей среднего космического шума (линия 3 рис. 26), и на частотах выше 500 МГц при антеннах, направленных в сторону областей большого космического шума, таких, как Млечный путь. Следовательно, на частотах до 300 МГц целесообразно использовать ламповые усилители, транзисторы;
3. на частотах до 600-800 МГц (соответственно с направлением антенны в шумовое небо) целесообразно использовать кристаллические смесители и усилители на туннельных диодах (линия 4);
4. шум в приёмнике на частотах выше 800 МГц начинает преобладать с использованием малошумящих усилителей, таких как усилитель на туннельном диоде, параметрический усилитель и квантовый усилитель (линия 5), отсюда их целесообразность использования на частотах, больших 800 МГц.
5. Минимальный уровень внутренних и внешних шумов приёмника космической радиосвязи лежит в диапазоне от 300 МГц до 5 Гц (линия 6)

Оптимальный диапазон волн связи  
космос-земля, из условий радиотехнической радиосвязи, внутренних шумов приёмника, антенны. Какова же конкретная частота? Это было сказано, что внешние шумовые это шумовые антенны. Итого, в последних выводах по рис. 25 и 26 неоднократно упоминались антенные устройства. Это не случайно. Размеры антенн и их характеристики в значительной степени оказывают влияние на дальность связи и много зависят от рабочего диапазона волн. Поэтому приведём несколько примеров влияния параметров антенн на выбор диапазона волн. Для этого воспользуемся ещё раз выражением дальности связи (1) для конкретных данных.



### Влияние параметров антенных устройств на рабочий диапазон и дальность связи.

Частотная зависимость входной мощности приёмника на основании формулы дальности (5) может быть выражена следующим образом:

1. если на передающем (ракета) и приёмном (земля) концах радиолинии связи "космос-земля" используются ненаправленные антенны, то мощность сигнала приёмника увеличивается с увеличением длины волны (уменьшением  $f$ )

$$P_{прм} = \varphi\left(\frac{1}{f^2}\right); \quad (54)$$

2. если используется направленная антенна на поверхности Земли ( $G_{прм} = \varphi(f^2)$ ) и ненаправленная антенна на космическом корабле, то мощность входного сигнала не будет зависеть от частоты.

$$P_{прм} = \varphi(f) = const; \quad (55)$$

3. если на обоих концах применяются направленные антенны [ $G_{прм} = \varphi(f^2)$ ;  $G_{прд} = \varphi(f^2)$ ], то мощность сигнала на входе приёмника будет увеличиваться с увеличением частоты.

Первый вариант

для нас явно не подходит,

два последних - очень интересные.

§1. Технические соображения по выбору длины волны. Для определения оптимальной частоты в практических космических радиолиниях связи "космос-земля" на рис. 27 для второго варианта показаны входной сигнал приёмника и шум на его входе как функции частоты. На корабле всенаправленная антенна.

Параболическая приёмная антенна имеет диаметр 9 м, мощность передатчика 1 Вт, ширина полосы 1 кГц.

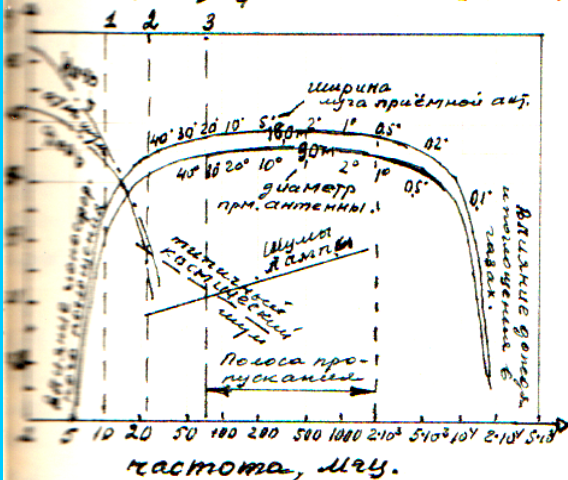


Рис. 27. Технические соображения,

используемые при выборе частоты связи Земли с космическим кораблём, удалённым на расстояние порядка 1800 км (типичное расстояние для спутников).

Минимальная частота, обеспечивающая проникновение через земную атмосферу показана для случаев:

- 1 - вертикальный путь в полярных областях.
- 2 - наклонный путь для полярных или вертикальный для тропических областей.
- 3 - наклонный путь для тропической области.

Входная мощность приёмника приведена с учётом ионосферных и тропосферных эффектов и дальности распространения порядка 1800 км.

Направление расстроя антенны выбрано касательным к поверхности Земли, для летнего сезона во время высокой солнечной активности.

дождевых осадков. то есть взять типичный случай наиболее неблагоприятных условий распространения.

При наиболее благоприятных условиях распространения, когда путь радиолу перпендикулярен поверхности Земли, ночью - на низких частотах, или, на больших высотах в отсутствие дождя - на высоких частотах, можно предположить, что входная мощность приемника будет в основном зависеть от частоты в широком диапазоне частот. Это есть такие благоприятные условия распространения, соответствующие, как это видно из рис. 27, полосе частот 100 мГц - 2 Гц, будут раздвинуты для более широкого диапазона частот.

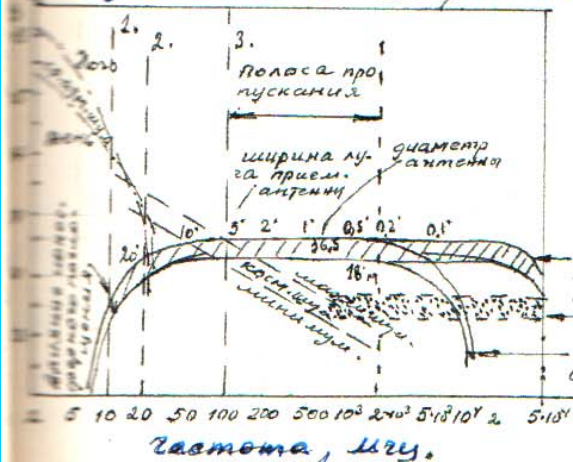


Рис. 28. Также, что и на рис. 27, только расстояние R = 56000 км. (Расстояние до корабля, облетающего Луну)

На рис. 28. приведены примерно такие же данные, что и на рис. 27. с той только разницей, что расстояние увеличено до 56000 км., диаметр антенны увеличен до 4,5 м, применяется охлаждаемый усилитель типа КУ, приведены квазимаксимальное значение космического шума для антенн с большим коэффициентом усиления Б, и мощность на входе приемника дана для вертикального пути в сухой (бездождевой) местности.

На рис. 29. показаны полученные теоретически тем же условия связи, улучшенные на в.ч. путём применения на космическом корабле направленной антенны (вар. 3). Следует отметить, что, несмотря на то, что мощность на входе приемника дана только для параболической антенны космического корабля диаметром 4,5 м, такое улучшение связи с повышением частоты может быть отнесено ко всем направленным антеннам с фиксированными физическими размерами.

Так как увеличение коэффициента усиления антенны на в.ч. более чем компенсирует те же увеличенные требования к мощности, вызванные увеличением шумов в приемнике на этих частотах, то на первый взгляд может показаться, что чем выше частота, тем лучше работа устройств.

...ве, при условии, что частота, конечно, ниже  
 дально прохода области пропускания (около 5 Гц  
 на коротких путях во время дождевых осадков и  
 до 40 Гц на больших высотах и бездождевых районах,  
 ... ) Однако, физические проблемы, возникающие  
 при проектировании антенн, установка антенн  
минимально допустимую ширину луча антенны  
 ставшей практически предела этим величинам

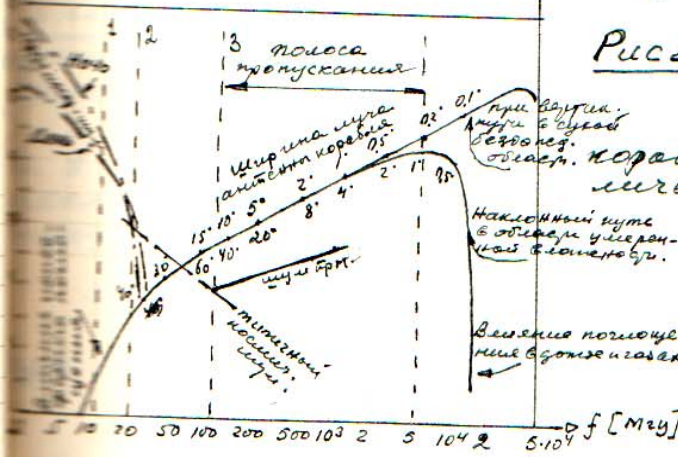


Рис 29 То же, что и на рис 28  
 только диаметр параболической антенны на корабле 4,5 м, диаметр параболической антенны - 18 м.

частотам у гораздо меньших значений.

Поэтому рассмотрим:

Влияние рабочего диапазона радиоволн на характеристики антенных устройств. [Л.]

Так как параметры антенных устройств в различных диапазонах волн различны, интересно оценить ширину рабочего диапазона радиоволн с точки зрения определения максимального значения произведения эффективности и направленности Грэд бортовой антенны на дальнейшую мощность ЭЭР. при приемной антенне. Из выражения (5) следует, что большими значениями произведения Грэд ЭЭР. при соответств. величинам большая мощность света.

Рассмотрим влияние выбранного рабочего диапазона радиоволн (400 МГц - 5 ГГц) на характеристики электронной антенны, как и в примерах выше, и напомним то же, что касательно волноводов, полученных при этом рассмотрении, применимо в принципе и к антеннам других типов.

В допустимом широком диапазоне ЭЭР не зависят от частоты и определяются лишь ее геометрическими размерами. В частности, для параболической антенны ЭЭР пропорциональна квадрату диаметра раскрытия наблюдателя. Однако на очень коротких волнах (300 МГц -

(и тем более жесткие требования предъявляются к точности её конструкции.)

30 Гц) вследствие неточности изготовления зеркала приёмной антенны часть падающей энергии электромагнитной волны отражается в пространство, не попадая на облучатель. Эффективная площадь антенны при этом уменьшается. Причём, чем выше частота (короче длина волны), тем неточность изготовления, очевидно, будет больше. <sup>и тем более жесткие требования предъявляются к точности её конструкции,</sup> то есть, с этой точки зрения желательно работать на частотах близких к нижней части дециметрового диапазона (около 1 Гц; 30 см). В то же время, для этой и той же частоты, чем больше неточность изготовления, тем, очевидно, меньше энергии падающей волны попадет на облучатель и в приёмный тракт. При этом, для качественных исследований вводит понятие относительной неточности изготовления зеркала антенны.

$$\alpha = \frac{\Delta}{D}, \quad (56)$$

где  $\Delta$  - абсолютная величина отклонения поверхности зеркала от параболической,  
 $D$  - диаметр антенны.

Чем выше относительная точность изготовления зеркала антенны, т.е. чем меньше  $\alpha$ , тем большее значение эффективной площади. (Рис. 30а).

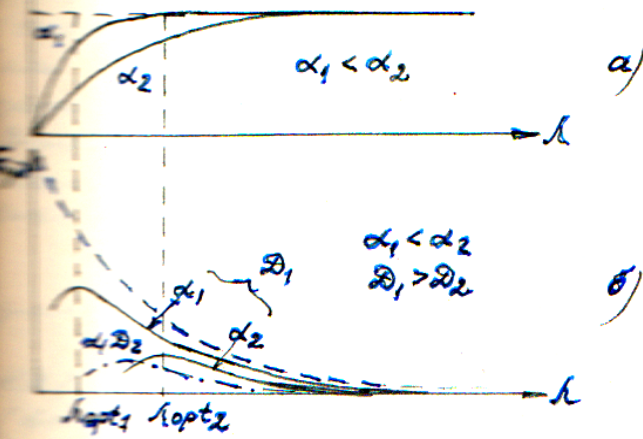


Рис. 30. Зависимость эффективной площади (а) и коэффициента направленного действия (б) антенны от длины волны

В коэффициенте направленного действия

(к.н.д.) бортовой передающей антенны можно говорить лишь в случае, если используется направленный антенна (В.З) с максимум излучения, естественно, направлен на Землю, а ракета должна быть стабилизирована в пространстве. Если ракета не стабилизирована (например, американские «Пионер IV» и «Пионер V») в пространстве, к бортowym антеннам предъявляется требование всенаправленности (Вариант 2), чтобы при любом положении их в пространстве связь с Землей не прерывалась.