

РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R SA.1811

Эталонные диаграммы направленности антенн земных станций службы космических исследований с большой апертурой антенн, используемые для анализа совместимости, связанного с большим числом распределенных источников помех в полосах 31,8–32,3 ГГц и 37,0–38,0 ГГц

(2007)

Сфера применения

В настоящей Рекомендации приводятся эталонные диаграммы направленности антенн J_a и J_p для земных станций с большой апертурой антенн службы космических исследований (СКС) в полосах 31,8–32,3 ГГц и 37,0–38,0 ГГц. Диаграмма J_a предназначена для использования при анализе совместимости, связанного с большим числом распределенных источников помех. Диаграмма J_p предназначена для использования при анализе совместимости, связанного с небольшим числом отдельных источников помех.

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

- a) что при анализе совместимости или совместного использования частот фиксированной службой высокой плотности (ФСВП) и службой космических исследований (СКС) (дальний космос) необходимо определять уровни помех, которые могут появиться на земных станциях СКС вследствие наличия большого числа источников помех, распределенных по различным азимутальным направлениям;
- b) что для определения этих уровней помех следует установить эталонную диаграмму направленности;
- c) что хотя общие формы диаграмм направленности излучения боковых лепестков антенн большой апертуры земных станций СКИ считаются аналогичными, они различаются конкретными значениями усиления, своими угловыми распределениями и расположением пиков и провалов в зависимости от антенны;
- d) что если желательно представить диаграммы направленности излучения того или иного класса антенн одной моделью, то для каждого угла необходимо иметь средние значения и значения допусков с целью точного и достоверного описания показателей работы;
- e) что модель огибающей, такая как приведена в Рекомендации МСЭ-R SA.509, задает верхнюю границу уровней усиления боковых лепестков для большей части внеосевых углов большинства используемых в данной службе антенн с большой апертурой ($D > 100\lambda$);
- f) что такая модель огибающей особенно необходима в случае, когда множество антенн земных станций СКИ расположено в том же месте, и каждую антенну необходимо защитить от вредных помех;
- g) что, с другой стороны, если при оценке суммарных помех от многих источников помех используется диаграмма направленности с огибающей пиков, расчетный уровень помех окажется больше, чем существующий на практике;
- h) что статистическое моделирование (известное также как моделирование по методу Монте-Карло) часто используется при исследованиях совместимости или совместного использования частот, связанных со многими распределенными источниками помех;
- j) что, учитывая неопределенность и изменчивость диаграмм направленности излучения, желательно оценивать средние значения и значения допусков для получения точных и неискаженных результатов статистического анализа;

- к) что математические модели диаграмм направленности антенн земных станций СКИ с антеннами очень большой апертуры должны точно аппроксимировать физические показатели работы данного класса антенн и быть, по возможности, согласованными с физическими принципами;
- л) что в Отчете МСЭ-R SA.2098, в котором учтены физические факторы, затрагивающие диаграмму направленности антенны, представлены модель почти минимальной огибающей антенн СКИ с большой апертурой J_p для использования при детерминистическом анализе совместимости и модель среднего усиления J_a с допуском для использования при статистическом анализе;
- м) что среди моделей, сравнение которых проведено в Отчете МСЭ-R SA.2098, только модели J_p и J_a прямо учитывают точность выполнения поверхности и включают эффективность использования апертуры, в известной мере затрагивающие коэффициент пикового усиления и коэффициент усиления в направлении боковых лепестков;
- п) что, как показано в Отчете, модели J_p и J_a обеспечивают достаточно точную аппроксимацию физических показателей работы антенн СКИ с большой апертурой и лучшие соотношения средних коэффициентов усиления, по сравнению с другими моделями,

рекомендует

1 в случае отсутствия конкретных данных о диаграмме направленности затронутой земной станции СКИ использовать следующие математические модели коэффициента усиления при анализе совместимости или совместного использования частот, связанного с системами ФСВП, в полосах 31,8–32,3 ГГц и 37,0–38,0 ГГц:

1.1 использовать при анализе совместимости, в котором применяется одна детерминистическая диаграмма направленности антенны, модель огибающей J_p (пика), приведенную ниже (дБи):

$$\begin{aligned}
 G(\theta) &= G_0 - 3 \left(\frac{\theta}{\theta_{hp}} \right)^2 && \text{для } \theta \leq \theta_1 \\
 G(\theta) &= G_0 - G_1 && \text{для } \theta_1 < \theta \leq \theta_2 \\
 G(\theta) &= G_0 - G_1 - G_2 \log_{10} \left(\frac{\theta}{\theta_2} \right) && \text{для } \theta_2 < \theta \leq \theta_3 \\
 G(\theta) &= G_3 && \text{для } \theta_3 < \theta \leq 80^\circ \\
 G(\theta) &= G_3 + 5 && \text{для } 80^\circ < \theta \leq 120^\circ \\
 G(\theta) &= G_3 && \text{для } 120^\circ < \theta \leq 180^\circ,
 \end{aligned}$$

где θ – полярный угол антенны; и

$$G_0 = 10 \times \log_{10} \left[\eta_a \left(\frac{\pi D}{\lambda} \right)^2 \right] - 4,343 \left(\frac{4\pi h_{rms}}{\lambda} \right)^2$$

$$G_1 = 17$$

$$G_2 = 27 + 10 \left[\log_{10}(\eta_a) - \log_{10} \left(60 \frac{h_{rms}}{\lambda} \right) \right]$$

$$G_3 = -10$$

$$\theta_{hp} = \frac{34,5}{(D/\lambda)}$$

$$\theta_1 = \theta_{hp} \sqrt{\frac{G_1}{3}}$$

$$\theta_2 = \theta_{hp} 10^{\frac{G_1}{G_2}} \sqrt{\frac{G_2}{36}}$$

$$\theta_3 = \theta_2 10^{\frac{G_0 - G_1 - G_3}{G_2}}.$$

Значение η_a относится к эффективности использования антенны в отношении диаграммы направленности (распределение поля в раскрыве антенны, перелив энергии, блокировка и др.), исключая то, что связано с точностью выполнения поверхности. Потери усиления, обусловленные точностью выполнения поверхности, отдельно учтены с помощью функции h_{rms} – среднеквадратичной точности выполнения поверхности. Действительный диапазон точности выполнения поверхности для использования в формулах выше составляет:

$$\frac{1}{60} \leq \frac{h_{rms}}{\lambda} \leq \frac{1}{15}.$$

Любое значение h_{rms}/λ выше 1/15 должно быть заменено на 1/15; любое значение ниже 1/60 должно быть заменено на 1/60.

В редких случаях при больших ошибках выполнения поверхности угол θ_3 может превышать 80° , и возникает перекрытие области спада боковых лепестков с равномерными неровностями в области $80-120^\circ$. В таких случаях из двух значений должно быть выбрано максимальное значение для каждого угла.

Реальное значение точности выполнения поверхности должно быть предоставлено учреждением, эксплуатирующим антенну. При отсутствии реальных чисел должно использоваться значение $h_{rms} = 0,35$ мм для антенн диаметром 34 м, которые применяются в исследованиях дальнего космоса.

1.2 использовать для проведения статистического анализа совместимости, связанного с большим числом распределенных источников помех, описанную ниже модель среднего коэффициента усиления J_a (средняя) для средних значений и статистического допуска:

1.2.1 Средние значения распределения коэффициента усиления для каждого угла (дБи):

$$G(\theta) = G_0 - 3 \left(\frac{\theta}{\theta_{hp}} \right)^2 \quad \text{для} \quad \theta \leq \theta \leq \theta_1$$

$$G(\theta) = G_0 - G_1 \quad \text{для} \quad \theta_1 < \theta \leq \theta_2$$

$$G(\theta) = G_0 - G_1 - G_2 \log_{10} \left(\frac{\theta}{\theta_2} \right) \quad \text{для} \quad \theta_2 < \theta \leq \theta_3$$

$$G(\theta) = G_3 \quad \text{для} \quad \theta_3 < \theta \leq 80^\circ$$

$$G(\theta) = G_3 + 5 \quad \text{для} \quad 80^\circ < \theta \leq 120^\circ$$

$$G(\theta) = G_3 \quad \text{для} \quad 120^\circ < \theta \leq 180^\circ,$$

где:

$$G_0 = 10 \log_{10} \left[\eta_a \left(\frac{\pi D}{\lambda} \right)^2 \right] - 4,343 \left(\frac{4\pi h_{rms}}{\lambda} \right)^2$$

$$G_1 = 20$$

$$G_2 = 27 + 10 \left[\log_{10}(\eta_a) - \log_{10} \left(60 \frac{h_{rms}}{\lambda} \right) \right]$$

$$G_3 = -13$$

$$\theta_{hp} = \frac{34,5}{(D/\lambda)}$$

$$\theta_1 = \theta_{hp} \sqrt{\frac{G_1}{3}}$$

$$\theta_2 = \theta_{hp} 10^{\frac{G_1-3}{G_2}} \sqrt{\frac{G_2}{36}}$$

$$\theta_3 = \theta_2 10^{\frac{G_0-G_1-G_3}{G_2}} .$$

Примечания в отношении модели Jr, касающиеся действительного диапазона значений точности выполнения поверхности и разрешения проблемы случайного перекрытия в области 80–120°, применяются к модели Ja.

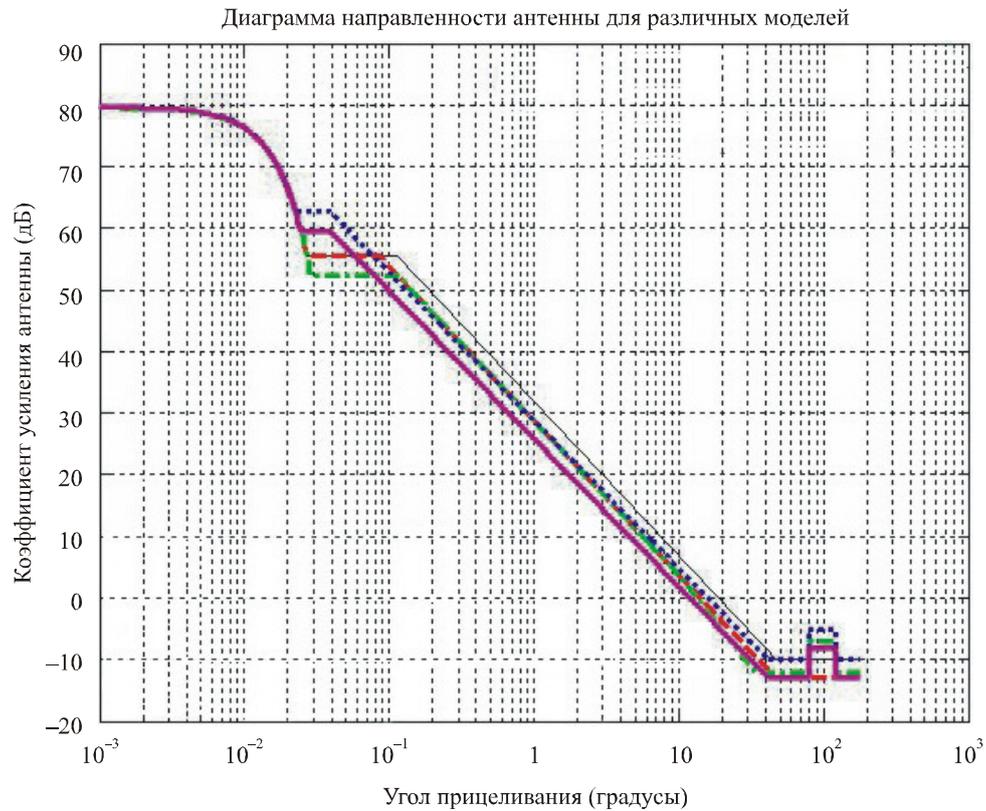
1.2.2 Допуск распределения усиления для каждого угла

Предполагаем нормальное распределение при допуске 3- σ , равном 3 дБ для углов θ_1 –180°.

Рисунок 1 иллюстрирует эти и другие модели для антенны СКИ диаметром 34 м, работающей на частоте 32 ГГц.

РИСУНОК 1

Модели коэффициента усиления антенны для антенны диаметром 34 м, работающей на частоте 32 ГГц



—	Рекомендация МСЭ-R F.699	(пик.), коэффициент усиления = 2,67
- - -	Рекомендация МСЭ-R F.1245	(средн.), коэффициент усиления = 1,92
- · - · -	Рекомендация МСЭ-R RA.1631	(средн.), коэффициент усиления = 1,84
· · · · ·	Jp	(пик.), коэффициент усиления = 2,26
—	Ja	(средн.), коэффициент усиления = 1,59

$D = 34 \text{ м}, f = 32 \text{ ГГц}, D/\lambda = 3\,626,7$
 $h_{rms} = 0,25 \text{ мм} = \lambda/37,5$

1811-01