

КРИТЕРИЙ БЕСПОМЕХОВОЙ РАБОТЫ ЗЕМНОЙ СТАНЦИИ СИСТЕМЫ СВЯЗИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕОСТАЦИОНАРНОЙ ОРБИТЫ

То Лвин Хтун. магистрант

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь*

Козел В М – канд. тех. наук, доцент

Аннотация. Определен допустимый уровень напряженности электромагнитного поля непреднамеренных помех, создаваемых базовыми станциями сетей связи IMT 2020, обеспечивающий беспомеховую работу приемных средств земных станций фиксированной спутниковой связи диапазона С.

Степень помехового влияния на земные и космические станции систем связи с использованием геостационарной орбиты определяется степенью деградации эквивалентной шумовой температуры [*1-*6]. Допустимая деградация эквивалентной шумовой температуры зависит от типа создающей помеховое воздействие радиослужбы [*6]. При этом, для полной совокупности помех допустимая деградация составляет 32% или 27% эквивалентного шума в условиях чистого неба. Такое распределение соответствует ухудшению отношения сигнала к тепловому шуму примерно на 1,2 дБ или 1,0 дБ у систем, испытывающих воздействие помех, не применяющих и применяющих повторное использование частот, соответственно. Вклад в совокупную деградацию эквивалентной шумовой температуры в зависимости от типа службы создающей помеховое воздействие определяется следующим образом:

помехи от систем фиксированной спутниковой службы, включая негеостационарные системы фиксированной спутниковой службы, могут составлять 25% от системного шума [*2, *7];

помехи от систем фиксированной службы и других служб, которым полосы распределены на первичной основе, могут составлять 6% от системного шума в условиях чистого неба;

помехи от других источников могут составлять 1% от системного шума в условиях чистого неба.

Таким образом допустимая деградация эквивалентной шумовой температуры в случае помех от сухопутной подвижной службы должны составлять не более 6%.

$$\frac{\Delta T}{T_{\text{ш}}} = 0,06,$$

где ΔT – деградация эквивалентной шумовой температуры;

$T_{\text{ш}}$ – эквивалентная шумовая температура приемной системы земной станции.

Эквивалентная шумовая температура приемной системы земной станции определяется множеством факторов: шумовой температурой тепловых шумов, шумовой температурой приемной антенны, шумовой температурой радиочастотной линии передачи между антенной и усилителем высокой частоты, шумовой температурой усилителя высокой частоты и его коэффициента усиления, шумовой температурой первого преобразователя частоты.

Для получения упрощенной оценки эквивалентной шумовой температуры приемной системы (своеобразной нижней границы) исключим из рассмотрения шумы линии передачи между антенной и усилителем высокой частоты и шумы первого преобразователя частоты, тогда эквивалентную шумовую температуру приемной системы земной станции можно записать следующим образом:

$$T_{\text{ш}} = 290 + T_A + T_{LNA},$$

где 290 – стандартная температура тепловых шумов, К;

T_A – шумовая температура приемной антенны (для С диапазона около 10К);

T_{LNA} – шумовая температура малошумящего усилителя высокой частоты или преобразователя частоты, К (100К для Р443 и 20К для Аурига 1.2В).

В соответствии с вышеизложенным, допустимая деградация эквивалентной температуры составляет:

$$\Delta T = 0.06(290 + 10 + 100) \cong 24 \text{ К} - \text{для земной станции Р443,}$$

и

$$\Delta T = 0.06(290 + 10 + 20) \cong 19 \text{ К} - \text{для земной Аурига 1,2В,}$$

Соответственно спектральные плотности шума на выходе приемной антенны дополнительно создаваемые предельно допустимым помеховым воздействием можно определить как:

$$N = k \times \Delta T = 1.38 \times 10^{-23} \times 24 = 3.31 \times 10^{-22} \text{ Вт/Гц} - \text{для земной станции Р443,}$$

и

$$N = k \times \Delta T = 1.38 \times 10^{-23} \times 19 = 2,65 \times 10^{-22} \text{ Вт/Гц} - \text{для земной Аурига 1,2В,}$$

Следовательно, предельный уровень мощности допустимой помехи на выходе приемной антенны в полосе частот 5 МГц составляет;

$$P_I = N \times 5 \times 10^6 = 3.31 \times 10^{-22} \times 5 \times 10^6 \cong 1,66 \times 10^{-15} \text{ Вт или минус 118дБм} - \text{для земной станции Р443,}$$

и

$$P_I = N \times 5 \times 10^6 = 2,65 \times 10^{-22} \times 5 \times 10^6 \cong 1,33 \times 10^{-15} \text{ Вт или минус 119дБм} - \text{для земной Аурига 1,2В,}$$

Соответственно в единицах напряженности электрического поля для случая помехового воздействия в пределах главного луча ($\pm 2^\circ$) диаграммы направленности приемной антенны земной станции:

$$E_I = \sqrt{\frac{120\pi P_I}{S}} = \sqrt{\frac{120\pi P_I}{\pi R^2}} = \sqrt{\frac{120 \times 3.14 \times 1,66 \times 10^{-15}}{3,14 \times (1,25)^2}} = 0,36 \text{ мкВ/м или минус 8,9 дБмкВ/м} - \text{для земной станции Р443}$$

и

$$E_I = \sqrt{\frac{120\pi P_I}{S}} = \sqrt{\frac{120\pi P_I}{\pi R^2}} = \sqrt{\frac{120 \times 3.14 \times 1,33 \times 10^{-15}}{3,14 \times (0,6)^2}} = 0,66 \text{ мкВ/м или минус 3,6 дБмкВ/м} - \text{для земной Аурига 1,2В}$$

где S и R – площадь апертуры и радиус апертуры приемной антенны, м² и м, соответственно (здесь для упрощения принято, что эффективная площадь приемной антенны равна ее апертуре) R=1.25 и 0,6 м для земных станций Р443 и «Аурига 1,2В» соответственно;

Распространим полученные значения допустимой напряженности электромагнитного поля помех в месте расположения земной станции на случай вне осевых углов главного лепестка, лежащих вне диапазона $\pm 2^\circ$. Для этого воспользуемся эталонной диаграммой земных станций [*8]

$$G(\varphi) = \begin{cases} 32 - 25 \lg(\varphi), & 2.5 \leq \varphi < 48 \\ -10, & 48 \leq \varphi < 180 \end{cases}$$

В соответствии с эталонной диаграммой направленности для осевых углов, лежащих вне диапазона $\pm 2^\circ$ допустимая напряженность электромагнитного поля может быть скорректирована следующим образом:

$$E_i(\varphi) = E_I - (G(\varphi) - G_a),$$

где G_a – коэффициент усиления приемной антенны земной станции, 39 и 33 дБи – для Р443 и Аурига 1,2В, соответственно.

На рисунках 3.1 и 3.2 приведены зависимости допустимой напряженности поля помех, создаваемых в месте расположения земных станций Р443 и «Аурига 1,2В» в диапазоне углов $0...180^\circ$ (в диапазоне углов $2...2,5^\circ$ применена кусочно-линейная аппроксимация).

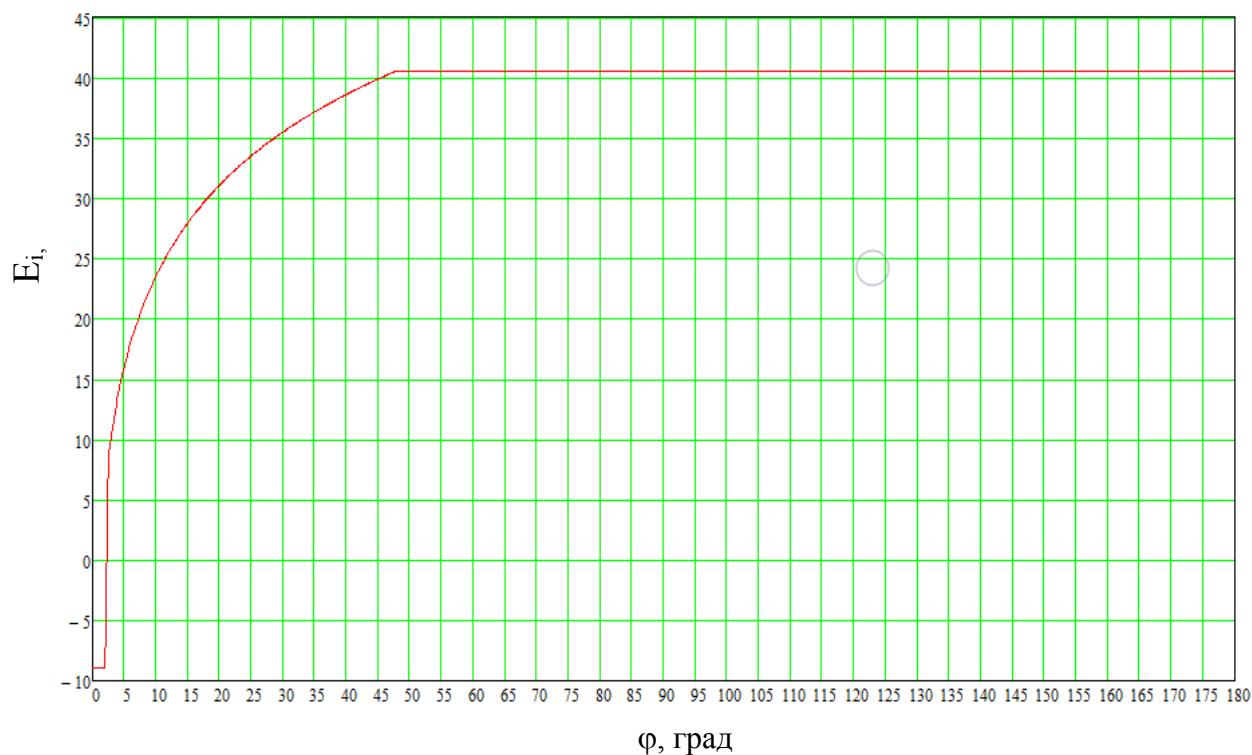


Рисунок 5 Допустимая напряженность поля помех для земной станции Р443

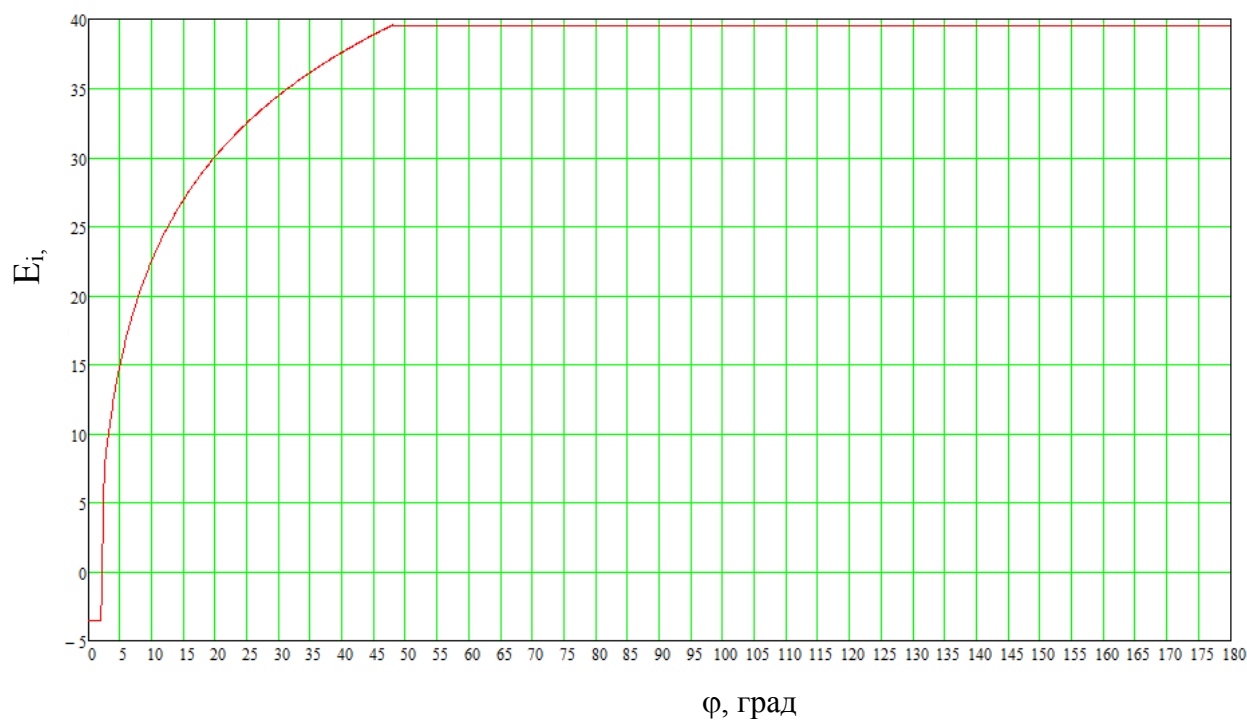


Рисунок 6 Допустимая напряженность поля помех для земной станции «Аурига 1,2В»

С целью унификации характеристик восприимчивости земных станций целесообразно при анализе условий электромагнитной совместимости их приемных трактов и базовых станций сухопутной подвижной службы IMT-2020 (5G) целесообразно использовать только полученные выше данные о допустимой напряженности электромагнитного поля помех для станции P443.

Список использованных источников (заголовков списка литературы)

1. Appendix S8 of the Radio Regulation (RR)
2. RECOMMENDATION ITU-R S.735-1* Maximum permissible levels of the interference in a geostationary-satellite network for an HRDP when forming part of the ISDN in the fixed-satellite service caused by other networks of this service below 15 GHz
3. RECOMMENDATION ITU-R S.738* Procedure for determining if coordination is required between geostationary-satellite networks sharing the same frequency bands
4. RECOMMENDATION ITU-R S.739* Additional methods for determining if detailed coordination is necessary between geostationary-satellite networks in the fixed-satellite service sharing the same frequency bands