

## КРИТЕРИЙ ЗАЩИТЫ ОТ ПОМЕХ ЗЕМНЫХ СТАНЦИЙ ДИАПАЗОНА С ПРИ НЕПРЕДНАМЕРЕННОМ ПОМЕХОВОМ ВОЗДЕЙСТВИИ ОТ БАЗОВЫХ СТАНЦИЙ СЕТИ СВЯЗИ ИМТ-2020 (5G)

СО ТИХА<sup>1</sup>, ТО ЛВИН ХТУН<sup>2</sup>

Белорусский государственный университет информатики радиоэлектроники  
(г. Минск, Республика Беларусь)

E-mail: tixa2435@gmail.com

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

**Abstract.** The permissible level of the electromagnetic field strength of unintended interference created by the base stations of the IMT 2020 communication networks has been determined, which ensures the interference-free operation of receiving facilities of earth stations of fixed satellite communications in the C band.

### Введение

Полоса радиочастот 3400-3800 МГц определена как наиболее перспективная для внедрения сетей Международной подвижной службы (ИМТ-2020). В соответствии с Регламентом Радиосвязи (в редакции 2024 года, вступает в силу 01 января 2025 года) полоса радиочастот 3400-3800 МГц распределена фиксированной, фиксированной спутниковой (космос-Земля), подвижной, за исключением воздушной подвижной, службам на первичной основе. Работа радиоэлектронных средств в совмещенной полосе частот требует проведения ряда мероприятий, исключающих создания непреднамеренных помех. Данная работа направлена на нахождения критериев недопустимых помех для земных станций фиксированной спутниковой службы.

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 службы, создающей помеховое воздействие [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 составляет не более 6%.

$$\frac{\Delta T}{T_{ш}} = 0,06,$$

где  $\Delta T$  – деградация эквивалентной шумовой температуры;  $T_{ш}$  – 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:

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

где 290 – стандартная температура тепловых шумов, К:

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

$T_{\text{LNA}}$  – шумовая температура малошумящего усилителя высокой частоты или преобразователя частоты, К (20К).

В соответствии с выше изложенным, допустимая деградация эквивалентной температуры (К) составляет:

$$\Delta T = 0.06(290 + 10 + 20) \cong 19$$

Спектральную плотность шума (Дж) на выходе приемной антенны, дополнительно создаваемую предельно допустимым помеховым воздействием можно определить как:

$$N = k \times \Delta T = 1.38 \times 10^{-23} \times 19 = 2,65 \times 10^{-22}$$

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

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

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

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

дБмкВ/м - для земной Аурига 1,2В

где S и R – площадь апертуры и радиус апертуры приемной антенны, м<sup>2</sup> и м, соответственно (R=1.25 и 0,6 м);

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].

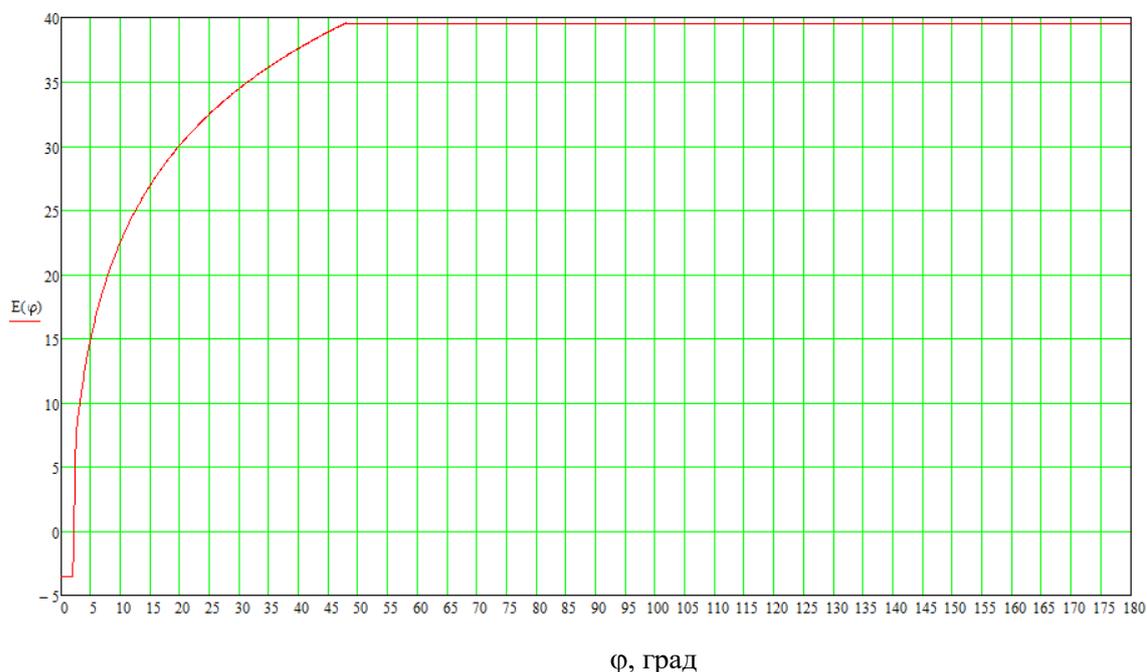
$$G(\varphi) = \begin{cases} 32 - 25 \lg(\varphi), & 2.5 \leq \varphi < 48 \\ -10, & 48 \leq \varphi < 180 \end{cases}$$

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 (33 дБи).

На рисунке приведена зависимость допустимой напряженности поля помех, создаваемых в месте расположения земной станции.



**Рис. 1.** Допустимая напряженность поля помех для земной станции

### Заключение

Полученные результаты могут быть использованы для определения условий беспомеховой работы приемных устройств земной станции фиксированной спутниковой службы С диапазона в условиях развития средств связи сухопутной подвижной службы IMT2020 (NR, 5G).

### Список использованных источников

1. RECOMMENDATION ITU-R S.735-1\*Maximum permissible levels of interference in a geostationary-satellite network for an Appendix S8 of the Radio Regulations (RR)
2. RECOMMENDATION ITU-R S.735-1\*Maximum permissible levels of 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
5. RECOMMENDATION ITU-R S.740\*Technical coordination methods for fixed-satellite networks
6. RECOMMENDATION ITU-R S.1432-1 Apportionment of the allowable error performance degradations to fixed-satellite service (FSS) hypothetical reference digital paths arising from time invariant interfere/
7. RECOMMENDATION ITU-R S.1323-2 Maximum permissible levels of interference in a satellite network (GSO/FSS; non-GSO/FSS; non-GSO/MSS feeder links)\* in the fixed-satellite service caused by other codirectional FSS networks below 30 GHz
8. RECOMMENDATION ITU-R S.465-6 Reference radiation pattern of earth station antennas in the fixed-satellite service for use in coordination and interference assessment in the frequency range from 2 to 31 GHz