

МСЭ-R

Сектор радиосвязи МСЭ

Рекомендация МСЭ-R S.1714-1 (01/2022)

**Статическая методика для расчета
уровней э.п.п.м. ↓ в целях облегчения
координации антенн очень большого
размера в соответствии с пунктами 9.7А
и 9.7В Регламента радиосвязи**

**Серия S
Фиксированная спутниковая служба**



Предисловие

Роль Сектора радиосвязи заключается в обеспечении рационального, справедливого, эффективного и экономичного использования радиочастотного спектра всеми службами радиосвязи, включая спутниковые службы, и проведении в неограниченном частотном диапазоне исследований, на основании которых принимаются Рекомендации.

Всемирные и региональные конференции радиосвязи и ассамблеи радиосвязи при поддержке исследовательских комиссий выполняют регламентарную и политическую функции Сектора радиосвязи.

Политика в области прав интеллектуальной собственности (ПИС)

Политика МСЭ-R в области ПИС излагается в общей патентной политике МСЭ-Т/МСЭ-R/ИСО/МЭК, упоминаемой в Резолюции МСЭ-R 1. Формы, которые владельцам патентов следует использовать для представления патентных заявлений и деклараций о лицензировании, представлены по адресу <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/en>, где также содержатся руководящие принципы по выполнению общей патентной политики МСЭ-Т/МСЭ-R/ИСО/МЭК и база данных патентной информации МСЭ-R.

Серии Рекомендаций МСЭ-R

(Представлены также в онлайн-форме по адресу <http://www.itu.int/publ/R-REC/en>)

Серия	Название
BO	Спутниковое радиовещание
BR	Запись для производства, архивирования и воспроизведения; пленки для телевидения
BS	Радиовещательная служба (звуковая)
BT	Радиовещательная служба (телевизионная)
F	Фиксированная служба
M	Подвижные службы, служба радиоопределения, любительская служба и относящиеся к ним спутниковые службы
P	Распространение радиоволн
RA	Радиоастрономия
RS	Системы дистанционного зондирования
S	Фиксированная спутниковая служба
SA	Космические применения и метеорология
SF	Совместное использование частот и координация между системами фиксированной спутниковой службы и фиксированной службы
SM	Управление использованием спектра
SNG	Спутниковый сбор новостей
TF	Передача сигналов времени и эталонных частот
V	Словарь и связанные с ним вопросы

Примечание. – Настоящая Рекомендация МСЭ-R утверждена на английском языке в соответствии с процедурой, изложенной в Резолюции МСЭ-R 1.

Электронная публикация
Женева, 2022 г.

© ITU 2022

Все права сохранены. Ни одна из частей данной публикации не может быть воспроизведена с помощью каких бы то ни было средств без предварительного письменного разрешения МСЭ.

РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R S.1714-1

Статическая методика для расчета уровней э.п.п.м.↓ в целях облегчения координации антенн очень большого размера в соответствии с пунктами 9.7А и 9.7В Регламента радиосвязи

(2005-2022)

Сфера применения

В настоящей Рекомендации представлена методика расчета статической величины э.п.п.м.↓ для наихудшего случая, создаваемой системой НГСО (системой на негеостационарной спутниковой орбите) на любой земной станции ГСО, географические координаты которой известны (конкретная земная станция ГСО) и антенна которой наведена на полезную космическую станцию ГСО.

Ключевые слова

э.п.п.м., НГСО, методика, пункт 9.7А, пункт 9.7В, статическая величина

Сокращения/гlossарий

Угол альфа (α) – минимальный угол на земной станции (ЗС) ГСО между линией к спутнику НГСО и линиями к дуге ГСО.

э.п.п.м.↓ – эквивалентная плотность потока мощности, как определено в пункте 22.5С.1 РР, для излучений спутниковой системы НГСО в направлении на земную станцию спутника ГСО.

Маска п.п.м. – маска плотности потока мощности, используемая для определения излучений спутника НГСО при расчете э.п.п.м.↓

Угол X (X) – минимальный угол на спутнике НГСО между линией от земной станции ГСО и линиями к дуге ГСО.

Соответствующие Рекомендации и Отчеты МСЭ

Рекомендация МСЭ-R S.1503-3

Функциональное описание, которое следует использовать при разработке программных средств для определения соответствия негеостационарных спутниковых систем или сетей фиксированной спутниковой службы ограничениям, указанным в Статье 22 Регламента радиосвязи

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

a) что на ВКР-2000 были приняты, в Статье 22 Регламента радиосвязи (РР), пределы эквивалентной плотности потока мощности (э.п.п.м.), которые должны соблюдаться в системах НГСО фиксированной спутниковой службы (ФСС) в целях защиты сетей ГСО ФСС и сетей ГСО радиовещательной спутниковой службы (РСС) в некоторых участках диапазона частот 10,7–30 ГГц;

b) что на ВКР-2000 было согласовано, что требуется дополнительная защита, помимо той, которая обеспечивается пределами э.п.п.м., упомянутыми в пункте *a)* раздела *учитывая*, для некоторых сетей ГСО ФСС с конкретными приемными земными станциями, имеющими все из нижеуказанных характеристик:

- i)* максимальный коэффициент изотропного усиления антенны земной станции больше или равен 64 дБи для полосы частот 10,7–12,75 ГГц или 68 дБи для полос частот 17,8–18,6 ГГц и 19,7–20,2 ГГц;
- ii)* коэффициент качества (G/T) составляет 44 дБ/К или выше;
- iii)* ширина полосы излучения составляет 250 МГц или более для полос частот ниже 12,75 ГГц либо 800 МГц или более для полос частот выше 17,8 ГГц;

- c) что для обеспечения этой дополнительной защиты на ВКР-2000 были приняты пункты **9.7А** и **9.7В** РР, устанавливающие процедуру проведения эффективной координации между конкретными земными станциями геостационарной сети ФСС и системами ФСС, использующими спутники НГСО в определенных полосах частот;
- d) что технические условия для инициирования координации в соответствии с пунктами **9.7А** и **9.7В** РР определены в Приложении 5 к РР и включают пороговые уровни согласно пункту b) раздела *учитываемая* и нижеуказанные уровни э.п.п.м.↓, излучаемой спутниковой системой НГСО ФСС в направлении земной станции, которая оборудована антенной очень больших размеров, когда эта антенна наведена на полезный спутник ГСО:
- i) в полосе частот 10,7–12,75 ГГц:
- a) $-174,5 \text{ дБ(Вт/(м}^2 \cdot 40 \text{ кГц))}$ для любого процента времени для спутниковых систем НГСО со всеми спутниками, работающими только на высоте 2500 км или ниже; или
- b) $-202 \text{ дБ(Вт/(м}^2 \cdot 40 \text{ кГц))}$ для любого процента времени для спутниковых систем НГСО со всеми спутниками, работающими на высоте более 2500 км;
- ii) в полосах частот 17,8–18,6 ГГц или 19,7–20,2 ГГц:
- a) $-157 \text{ дБ(Вт/(м}^2 \cdot \text{МГц))}$ для любого процента времени для спутниковых систем НГСО со всеми спутниками, работающими только на высоте 2500 км или ниже; или
- b) $-185 \text{ дБ(Вт/(м}^2 \cdot \text{МГц))}$ для любого процента времени для спутниковых систем НГСО со всеми спутниками, работающими на высоте более 2500 км;
- e) что расчет э.п.п.м.↓, создаваемой спутниковой системой НГСО в зависимости от времени, требует использования подходящих инструментальных программных средств моделирования;
- f) что в Рекомендации МСЭ-R S.1503 приведена спецификация инструментальных программных средств моделирования для расчета э.п.п.м.↓ в функции времени, однако в ней не учитывается наклонение орбиты спутника ГСО;
- g) что вследствие высокого усиления антенн очень больших размеров на земных станциях ГСО и характера уравнения э.п.п.м.↓ спутники НГСО не вносят заметного вклада в величину э.п.п.м.↓ через боковые лепестки вышеуказанных антенн на земных станциях ГСО;
- h) что на ВКР-03 была принята Резолюция **85 (ВКР-03)**, которая позволяет на временной основе, до появления соответствующего программного обеспечения, проводить координацию в соответствии с пунктами **9.7А** и **9.7В** РР, используя только характеристики сети ГСО ФСС;
- i) что существуют лишь ограниченные правила проведения координации в соответствии с пунктами **9.7А** и **9.7В** РР,

рекомендует,

- 1** что методика в Приложении 1 к настоящей Рекомендации может использоваться администрациями, проводящими координацию в соответствии с пунктами **9.7А** и **9.7В** РР, для расчета статической величины э.п.п.м.↓ для наихудшего случая, создаваемой системой НГСО в антенне конкретной земной станции ГСО, когда эта антенна направлена на полезный спутник ГСО;
- 2** что результаты, полученные в пункте 1 раздела *рекомендует*, должны сравниваться с защитным критерием э.п.п.м.↓ сети ГСО и с критерием, указанным в пункте d) раздела *учитываемая*, в целях определения вероятности несоблюдения системой НГСО этого защитного критерия;
- 3** что соответствующие положения Регламента радиосвязи можно считать выполненными, если система НГСО удовлетворяет защитному критерию э.п.п.м.↓ ГСО и критерию, указанному в пункте d) раздела *учитываемая*;
- 4** что в случаях, когда система НГСО не удовлетворяет защитному критерию э.п.п.м.↓ ГСО и критерию, указанному в пункте d) раздела *учитываемая*, следует провести более детальный анализ.

Приложение 1

1 Описание методики

В циркулярном письме CR/176 Бюро радиосвязи просило администрации, ответственные за спутниковые системы НГСО в определенных полосах частот, подчиняющиеся предельным уровням э.п.п.м., представить в МСЭ дополнительную информацию в течение шести месяцев после 26 марта 2002 года согласно пункту 2 раздела *решает* Резолюции **59 (ВКР-2000)**. Эта дополнительная информация содержит подробные данные о работе спутниковой сети и о масках п.п.м., необходимых для расчета уровней э.п.п.м., создаваемых системами НГСО. В методике, предлагаемой в настоящей Рекомендации, используется эта дополнительная информация, и какие-либо другие дополнительные данные по спутниковым системам НГСО не требуются.

Для того чтобы были соблюдены предельные уровни э.п.п.м., в спутниковых системах НГСО потребуется применение того или иного метода снижения помех. Одним из наиболее распространенных методов является уклонение от дуги ГСО. Уклонение от дуги ГСО может быть реализовано путем введения зоны исключения тремя разными способами:

- зона исключения определяется как зона в пределах $\pm X^\circ$ от земной станции ГСО до дуги ГСО, и спутник НГСО может вести передачу на земную станцию НГСО, расположенную не ближе заранее установленного расстояния от земной станции ГСО, когда он находится внутри зоны исключения;
- зона исключения такая же, как определено на рисунке 1, однако спутник НГСО не может вести передачу, когда он находится внутри зоны исключения;
- зона исключения определяется по широте, и спутник НГСО не может вести передачу, когда широта его подспутниковой точки находится внутри определенного диапазона широт $\pm X$.

На рисунках 1–3 представлены схемы каждого из трех видов метода уклонения от дуги ГСО.

РИСУНОК 1

Случай 1 зоны исключения

Случай 1. Зона исключения определяется как зона в пределах $\pm X^\circ$ от земной станции ГСО до дуги ГСО, и спутник НГСО **может** вести передачу на земную станцию НГСО, расположенную не ближе заранее установленного расстояния от земной станции ГСО, когда спутник НГСО находится внутри зоны исключения.

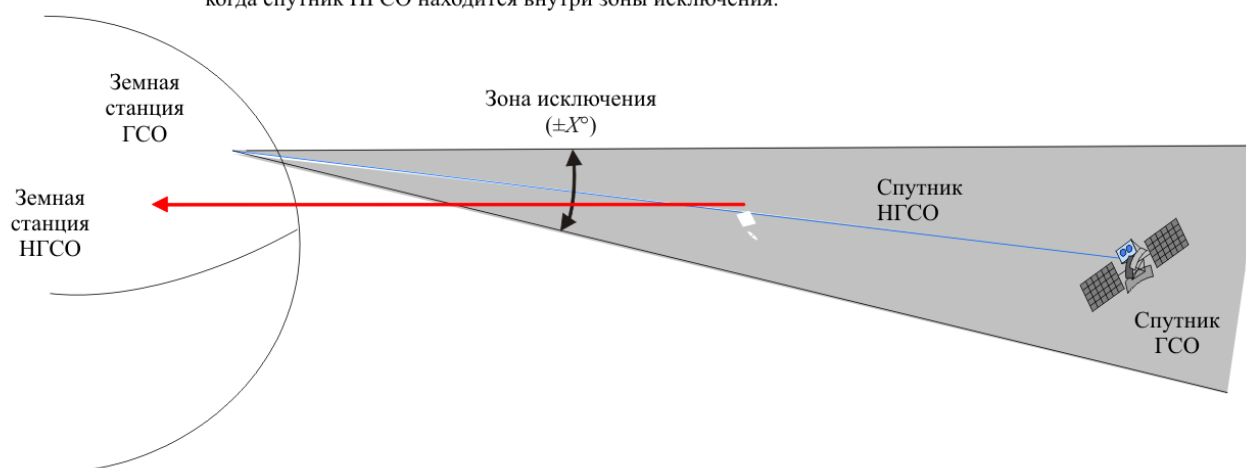
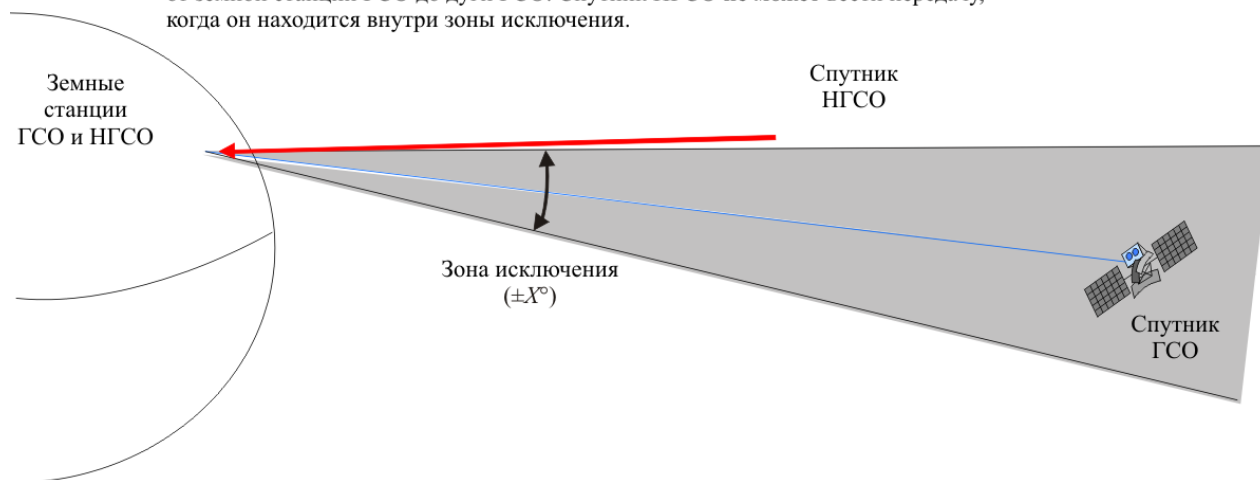


РИСУНОК 2

Случай 2 зоны исключения

Случай 2. Зона исключения определяется как зона в пределах $\pm X^\circ$ от земной станции ГСО до дуги ГСО. Спутник НГСО **не может** вести передачу, когда он находится внутри зоны исключения.

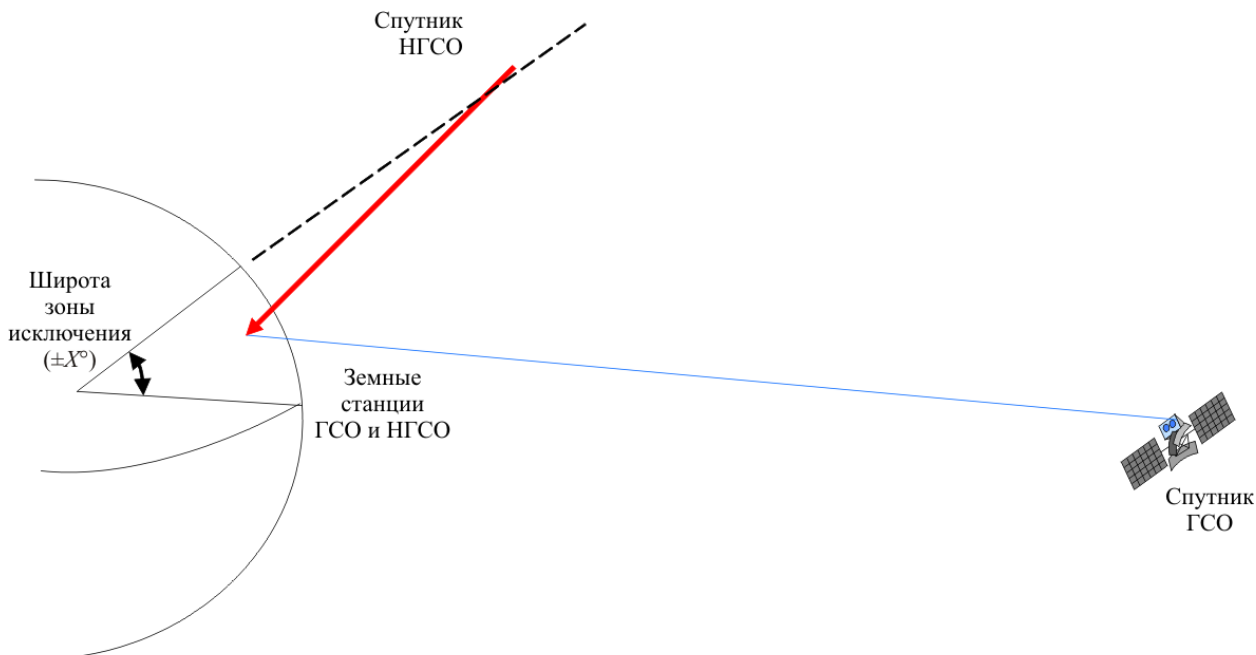


S.1714-02

РИСУНОК 3

Случай 3 зоны исключения

Случай 3. Спутник НГСО не может вести передачу, когда широты подспутниковых точек находятся внутри определенного диапазона широт. Например, спутник на средневысотной околоземной орбите (МЕО) не будет вести передачу на широтах между $+X^\circ$ и $-X^\circ$. Спутник на высокой околоземной орбите (НЕО) не будет вести передачу на широтах ниже $+X^\circ$ или выше $-X^\circ$, в зависимости от полушария, где находится апогей.



S.1714-03

В случаях 1 и 2 описаны варианты уклонения от дуги ГСО, которые по всей вероятности будут использоваться группировками спутников на низких околоземных орбитах (LEO); а случай 3 наиболее вероятно будет использоваться в группировке типа НЕО, в то время как все три варианта уклонения от дуги могут использоваться группировками МЕО. Поскольку для НЕО маловероятно применение вариантов уклонения от дуги, описанных в случаях 1 и 2, расчеты в этих методиках ограничиваются круговыми орбитами. Методика для случая 3 может использоваться в отношении группировки НЕО до тех пор, пока известен радиус до спутника НЕО, когда он пересекает широту входа в зону исключения

и широту выхода из нее. Пороги э.п.п.м.↓ в Приложении 5 к РР, используемые при установлении технических условий для инициирования процесса координации между системами НГСО ФСС и конкретными земными станциями в сети ГСО ФСС, определяются на основе данных о высоте, причем один порог координации относится к системам НГСО со всеми спутниками, работающими на высоте равной или ниже 2500 км, а другой – к системам НГСО со всеми спутниками, работающими на высоте более 2500 км. В таблице 1 показано соотношение между типом орбиты НГСО, порогом координации согласно Приложению 5 к РР и рассмотренными выше случаями применения методов снижения помех.

ТАБЛИЦА 1

Соотношение между типом орбиты, порогом координации согласно Приложению 5 к РР и методами снижения помех

Тип орбиты	Порог координации согласно Приложению 5 к РР (км)	Методы снижения помех
LEO	≤ 2 500	Случай 1 и 2
МЕО	> 2 500	Случай 1, 2 и 3
НЕО	> 2 500	Случай 3

2 Случай 1

Случай 1 описывает сценарий, при котором зона исключения определяется как зона в пределах $\pm X^\circ$ от земной станции ГСО до дуги ГСО. Когда спутник НГСО расположен внутри этой зоны исключения, он может вести передачу, но не в направлении земной станции ГСО. Территориальное удаление земной станции НГСО от земной станции ГСО, при котором спутник НГСО может вести передачу, определяется режимами работы спутника НГСО. Наихудший вариант геометрических построений для этого случая отображен на рисунке 1, на котором спутник НГСО расположен непосредственно на линии между спутником ГСО и земной станцией ГСО, но спутник НГСО ведет передачу на земную станцию, находящуюся на удалении от земной станции ГСО. Такая геометрия отражает сценарий помех, когда боковой лепесток спутника НГСО попадает в главный луч спутника ГСО. Этот метод снижения помех обычно используется в группировке LEO, но может работать и в группировке МЕО. Алгоритм по расчету значений э.п.п.м.↓ требует применения следующих шагов.

Шаг 1. Входные данные: радиус Земли, радиус орбиты НГСО, наклонение НГСО, радиус орбиты ГСО, долгота спутника ГСО, наклонение орбиты спутника ГСО, широта земной станции ГСО, долгота земной станции ГСО.

Шаг 2. Рассчитать углы азимута и места от земной станции ГСО к спутнику ГСО.

Шаг 3. Рассчитать широту и долготу подспутниковой точки спутника НГСО для того же азимута и угла места, что и у спутника ГСО.

Шаг 4. Если маски п.п.м. спутника НГСО представлены в виде зависимости угла альфа от разности по долготе (дельта) (определения угла альфа и разности по долготе см. в Рекомендации МСЭ-R S.1503):

- рассчитать угол альфа как угол на земной станции ГСО между линией к спутнику НГСО и линией к дуге ГСО;
- из масок п.п.м. выбрать значение п.п.м. для широты, ближайшей к широте подспутниковой точки спутника НГСО, угла альфа и разности по долготе между спутниками ГСО и НГСО;
- поскольку рассматриваемый случай отражает событие появления помех по линии (in-line), отношение $G(\theta)/G_{\max}$ при расчете э.п.п.м. равно 1 или 0 дБ;
- поскольку спутник ГСО имеет очень широкую полосу пропускания, могут существовать несколько наборов масок п.п.м. с перекрывающимися частотами, причем все они должны быть включены;

е) рассчитать уровень э.п.п.м., как определено в пункте **22.5С** РР.

Шаг 5. Если маски п.п.м. спутника НГСО представлены в виде зависимости угла азимута от угла места (определения угла азимута и угла места см. в Рекомендации МСЭ-R S.1503):

- a) рассчитать координаты спутника ГСО, земной станции и спутника НГСО в геоцентрической фиксированной системе координат (ECF);
- b) перевести вектор между спутником НГСО и земной станцией ГСО из координат ECF в систему координат с центром в месте расположения спутника, а затем вращать его;
- c) рассчитать углы азимута и места от спутника НГСО к земной станции ГСО;
- d) из масок п.п.м. выбрать величину п.п.м. для широты, ближайшей к широте подспутниковой точки спутника НГСО для углов азимута и места от спутника НГСО к земной станции ГСО;
- e) поскольку рассматриваемый случай отражает событие появления помех по линии (in-line), отношение $G(\theta)/G_{\max}$ при расчете э.п.п.м. равно 1 (численное значение) или 0 дБ;
- f) поскольку спутник ГСО имеет очень широкую полосу пропускания, могут существовать несколько наборов масок п.п.м. с перекрывающимися частотами, причем все они должны быть включены;
- g) рассчитать уровень э.п.п.м., как определено в пункте **22.5С** РР.

Была составлена рабочая таблица Excel с соответствующими уравнениями и предварительно заданными расчетами. В таблице 2 показано изображение страницы с расчетами для случая 1. Входные величины для спутниковой системы НГСО являются вымышленными и не представляют какую-либо конкретную систему.

ТАБЛИЦА 2

Расчеты в рабочей таблице Excel для случая 1 (пересм. 1)

Случай 1 (пересм. 1). Зона исключения, определяемая как зона в пределах $\pm X^\circ$ от земной станции ГСО до дуги ГСО				
Спутник НГСО МОЖЕТ вести передачу внутри зоны исключения, но не в направлении земной станции ГСО.				
Наихудший случай – спутник НГСО находится на линии между спутником ГСО с максимальным наклоном орбиты и земной станцией ГСО.				
Примечание. – Этот алгоритм действителен только для спутников НГСО с круговыми орбитами.				
Входные данные				
	Радиус Земли (км)	R_e	6 378,15	
	Радиус НГСО (км)	R_n	7 878	
	Наклонение орбиты спутника НГСО (градусы)	i	55	
	Радиус ГСО (км)	R_g	42 164	
	Долгота спутника ГСО (градусы)	GSO_{long}	-30	
	Наклонение орбиты спутника ГСО (градусы)	i_g	5	
	Широта земной станции (градусы)	φ	38	
	Долгота земной станции (градусы)	$earth_{long}$	-77	
	Эталонная ширина полосы частот маски (кГц)		40	Определяется по файлу маски (40 или 1 000)
	Диапазон частот (Ку или Ка)		Ка	
Расчеты				
	Широта спутника ГСО (градусы)	δ_g	5	
	Разность по долготе между земной станцией и спутником ГСО (градусы)	$\Delta\lambda_g$	47	$GSO_{long} - earth_{long}$
	Расчитать угол гамма от земной станции к спутнику ГСО (градусы)	γ_g	53,91141	$\text{acos}[\sin(\varphi) \times \sin(\delta_g) + \cos(\varphi) \times \cos(\delta_g) \times \cos(\Delta\lambda_g)]$
	Расчитать наклонное расстояние от земной станции до спутника ГСО (км)	d_g	38 751,35	$\sqrt{R_e^2 + R_g^2 - 2 \times R_e \times R_g \times \cos(\gamma_g)}$
	Расчитать угол места от земной станции к спутнику ГСО (градусы)	El	28,44516	$\text{acos}\left[\left(\frac{R_g}{d_g}\right) \times \sin(\gamma_g)\right]$
	Расчитать угол азимута от земной станции к спутнику ГСО (градусы)	Az	115,6339	Если $(\Delta\lambda_g > 0$ и $\varphi < 0)$ или $(\Delta\lambda_g < 0$ и $\varphi > 0)$, тогда $\text{asin}\left[\cos(\delta_g) \times \sin\left(\frac{\Delta\lambda_g}{\sin(\gamma_g)}\right)\right]$, иначе $180 - \text{asin}\left[\cos(\delta_g) \times \frac{\sin(\Delta\lambda_g)}{\sin(\gamma_g)}\right]$
	Расчитать угол гамма от земной станции до спутника НГСО (градусы)	γ_n	16,16731	$\text{acos}\left(\left(\frac{R_e}{R_n}\right) \times \cos(El)\right) - El$
	Расчитать широту подспутниковой точки спутника НГСО для этих углов Az и El (градусы)	δ	29,76146	Если $\varphi > 0$, тогда $90 - \text{acos}[\cos(90 - \varphi) \times \cos(\gamma_n) + \sin(90 - \varphi) \times \sin(\gamma_n) \times \cos(Az)]$, иначе $90 - \text{acos}[\cos(90 + \varphi) \times \cos(\gamma_n) + \sin(90 - \varphi) \times \sin(\gamma_n) \times \cos(Az + 180)]$
	Расчитать разность по долготе между спутником НГСО и земной станцией (градусы)	$\Delta\lambda_n$	16,80892	Если $\Delta\lambda_g > 0$, тогда $\text{acos}\left[\frac{\cos(\gamma_n) - \sin(\varphi) \times \sin(\delta)}{\cos(\varphi) \times \cos(\delta)}\right]$, иначе $-1 \times \text{acos}\left[\frac{\cos(\gamma_n) - \sin(\varphi) \times \sin(\delta)}{\cos(\varphi) \times \cos(\delta)}\right]$
	Расчитать долготу подспутниковой точки спутника НГСО для этих углов Az и El (градусы)	$nGSO_{long}$	-60,1911	$earth_{long} + \Delta\lambda_n$

ТАБЛИЦА 2 (продолжение)

Если маски п.п.м. спутника представлены в виде зависимости угла альфа от разности по долготе (дельта)				
Определить результирующее значение угла альфа, измеренного от дуги геостационарной орбиты, когда спутник НГСО находится на одной линии со спутником ГСО с максимальным наклонением орбиты (совмещение)				
	Широта дуги ГСО (градусы)		0	
Рассчитать составляющие x, y, z широты VLA в системе координат ECF				
	Значение x VLA (км)		1 130,6154	$R_e \times \cos(\varphi) \times \cos(\text{earth}_{long})$
	Значение y VLA (км)		-4 897,233	$R_e \times \cos(\varphi) \times \sin(\text{earth}_{long})$
	Значение z VLA (км)		3 926,7812	$R_e \times \sin(\varphi)$
Рассчитать составляющие x, y, z дуги ГСО в системе координат ECF				
	Значение x дуги ГСО (км)		36 515,095	$R_g \times \cos(GSO_{lat}) \times \cos(GSO_{long})$
	Значение y дуги ГСО (км)		-21 082	$R_g \times \cos(GSO_{lat}) \times \sin(GSO_{long})$
	Значение z дуги ГСО (км)		0	$R_g \times \sin(\varphi)$
Рассчитать составляющие x, y, z положения спутника НГСО на широте, на которой он оказывается на одной линии со спутником ГСО с максимальным наклонением орбиты (совмещение) в системе координат ECF				
	Значение x спутника НГСО (км)		3 399,6738	$R_n \times \cos(\delta) \times \cos(nGSO_{long})$
	Значение y спутника НГСО (км)		-5 934,022	$R_n \times \cos(\delta) \times \sin(nGSO_{long})$
	Значение z спутника НГСО (км)		3 910,5613	$R_n \times \sin(\delta)$
Рассчитать векторы, необходимые для вычисления угла альфа, видимого со спутника ГСО с максимальным наклонением орбиты				
	Вектор от VLA до дуги ГСО (км)		39 107,898	$\sqrt{(GSO_{arc\ x} - VLA_x)^2 + (GSO_{arc\ y} - VLA_y)^2 + (GSO_{arc\ z} - VLA_{zx})^2}$
	Вектор от VLA до спутника НГСО (км)		2 494,7582	$\sqrt{(nGSO_x - VLA_x)^2 + (nGSO_y - VLA_y)^2 + (nGSO_z - VLA_{zx})^2}$
	Вектор от дуги ГСО до спутника НГСО (км)		36 624,921	$\sqrt{(nGSO_x - GSO_{arc\ x})^2 + (nGSO_y - GSO_{arc\ y})^2 + (nGSO_z - GSO_{arc\ zx})^2}$
	Альфа		5 390 246	$\text{acos} \left[\frac{((VLA \text{ to } GSO_{arc\ vector})^2 + (VLA \text{ to } nGSO_{vector})^2 - (GSO_{arc\ to } nGSO_{vector})^2)}{(2 \times VLA \text{ to } GSO_{arc\ vector} \times VLA \text{ to } nGSO_{vector})} \right]$
	Рассчитать разность по долготе между спутниками ГСО и НГСО (градусы)	$delta$	30,19108	$GSO_{long} - nGSO_{long}$
Из маски п.п.м. выбрать величину п.п.м. со значениями широты подспутниковой точки, угла альфа и разности по долготе (дельта), ближайшими к вычисленным выше. Поскольку VLA спутника ГСО имеет очень большую ширину полосы пропускания, могут существовать несколько наборов масок с перекрывающимися частотами, причем все они должны быть включены. все они должны быть включены. Поскольку рассматриваемый случай отражает событие появления помех по линии, отношение $G_r(\theta)/G_{r\max}$ при расчете э.п.п.м. равно 1 (численное значение) или 0 дБ.				
	Частота 1: п.п.м. спутника НГСО	$pf d_1$	-140	Пример
	Частота 2: п.п.м. спутника НГСО (входные данные отмечаются как NA, если они неприменимы)	$pf d_2$	-131	Пример
		...		
	Частота n : п.п.м. спутника НГСО (входные данные отмечаются как NA, если они неприменимы)	$pf d_n$	-140	Пример
	Рассчитать э.п.п.м. для наихудшего случая (дБ(Вт/(м ² · 40 кГц)))	$epfd$	-130,025	$10 \log \left(10^{\left(\frac{pf d_1}{10}\right)} + 10^{\left(\frac{pf d_2}{10}\right)} + \dots + 10^{\left(\frac{pf d_n}{10}\right)} \right)$

ТАБЛИЦА 2 (продолжение)

	Рассчитать э.п.п.м. для наихудшего случая (дБ(Вт/(м ² · МГц)))	<i>epfd</i>	-116,045	$10 \log \left(10^{\left(\frac{pf d_1}{10}\right)} + 10^{\left(\frac{pf d_2}{10}\right)} + \dots + 10^{\left(\frac{pf d_n}{10}\right)} \right)$
	Пороговый уровень э.п.п.м. (дБ(Вт/(м ² · 40 кГц)))	<i>epfd</i>	-171,0	Из Приложения 5 к РР МСЭ
	Пороговый уровень э.п.п.м. (дБ(Вт/(м ² · МГц)))	<i>epfd</i>	-157,0	Из Приложения 5 к РР МСЭ
	Пороговый уровень э.п.п.м. превышен		ДА	
Если маски п.п.м. спутника представлены в виде зависимости угла азимута от угла места				
Рассчитать составляющие <i>x</i> , <i>y</i> , <i>z</i> и <i>r</i> положения земной станции в системе координат ECF				
	Значение <i>x</i> земной станции (км)	<i>X_e</i>	1 130,615	$R_e \times \cos(\varphi) \times \cos(\text{earth}_{long})$
	Значение <i>y</i> земной станции (км)	<i>Y_e</i>	-4 897,23	$R_e \times \cos(\varphi) \times \sin(\text{earth}_{long})$
	Значение <i>z</i> земной станции (км)	<i>Z_e</i>	3 926,781	$R_e \times \sin(\varphi)$
	Значение <i>r</i> земной станции (км)	<i>R_{es}</i>	6 378,15	$\sqrt{X_e^2 + Y_e^2 + Z_e^2}$
Рассчитать составляющие <i>x</i> , <i>y</i> , <i>z</i> положения спутника НГСО в координатах ECF				
	Значение <i>x</i> спутника НГСО (км)	<i>X_n</i>	3 399,674	$R_n \times \cos(\delta) \times \cos(\text{nGSO}_{long})$
	Значение <i>y</i> спутника НГСО (км)	<i>Y_n</i>	-5 934,02	$R_n \times \cos(\delta) \times \sin(\text{nGSO}_{long})$
	Значение <i>z</i> спутника НГСО (км)	<i>Z_n</i>	3 910,561	$R_n \times \sin(\delta)$
	Радиус орбиты спутника НГСО (км)	<i>R_n</i>	7 878,00	$\sqrt{X_n^2 + Y_n^2 + Z_n^2}$
Рассчитать вектор между спутником НГСО и земной станцией				
	Вектор <i>X</i> (км)	<i>X</i>	-2 269,06	$X_e - X_n$
	Вектор <i>Y</i> (км)	<i>Y</i>	1 036,788	$Y_e - Y_n$
	Вектор <i>Z</i> (км)	<i>Z</i>	16,21997	$Z_e - Z_n$
	Вектор <i>r</i> (км)	<i>r</i>	2 494,76	$\sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}$
Северный вектор				
	Северный вектор <i>X</i>	<i>N_x</i>	0	Составляющая <i>x</i> северного вектора
	Северный вектор <i>Y</i>	<i>N_y</i>	0	Составляющая <i>y</i> северного вектора
	Северный вектор <i>Z</i>	<i>N_z</i>	1	Составляющая <i>z</i> северного вектора
	Величина северного вектора	<i>N_{mag}</i>	1	Величина вектора северного направления
Рассчитать составляющую <i>X</i> положения спутника в системе координат спутника, вычислив произведение вектора от спутника к центру Земли с обратным знаком на северный вектор				
	Составляющая <i>X</i> в системе координат спутника – составляющая <i>x</i>	<i>X'_x</i>	5 934,02163	$-Y_n \times N_z + N_y \times Z_n$
	Составляющая <i>X</i> в системе координат спутника – составляющая <i>y</i>	<i>X'_y</i>	3 399,673	$-Z_n \times N_x + N_z \times X_n$
	Составляющая <i>X</i> в системе координат спутника – составляющая <i>z</i>	<i>X'_z</i>	0	$-X_n \times N_y + N_x \times Y_n$
	Величина составляющей <i>X</i>	<i>X'_{mag}</i>	6 838,89	$\sqrt{X'^2_x + X'^2_y + X'^2_z}$
Рассчитать составляющую <i>Z</i> положения спутника в системе координат спутника, вычислив произведение вектора от спутника к центру Земли с обратным знаком на составляющую <i>X</i> положения спутника в системе координат спутника				
	Составляющая <i>Z</i> в системе координат спутника – составляющая <i>x</i> , косинус угла долготы восходящего узла	<i>Z'_x</i>	-13 294 632,6	$-Y_n \times X'_z + X'_y \times Z_n$

ТАБЛИЦА 2 (окончание)

Составляющая Z в системе координат спутника – составляющая u , синус угла долготы восходящего узла	Z'_y	23 205 355,1	$-Z_n \times X'_x + X'_z \times X_n$
Составляющая Z в системе координат спутника – составляющая z , косинус угла наклона орбиты спутника НГСО	Z'_z	46 770 394,5	$-X_n \times X'_y + X'_x \times Y_n$
Величина составляющей Z , синус угла наклона орбиты спутника НГСО	Z'_{mag}	53 876 762,8	$\sqrt{Z'^2_x + Z'^2_y + Z'^2_z}$
Рассчитать величину вектора от спутника до земной станции в направлении оси спутника, вычислив скалярные произведения			
Величина в направлении X	X_{delta}	-1 453,4379	$X \times \frac{X'_x}{X'_{mag}} + Y \times \frac{X'_y}{X'_{mag}} + Z \times \frac{X'_z}{X'_{mag}}$
Величина в направлении Y	Y_{delta}	1 752,0884	$-X \times \frac{X_n}{r} - Y \times \frac{Y_n}{r} - Z \times \frac{Z_n}{r}$
Величина в направлении Z	Z_{delta}	1 020,550 3	$X \times \frac{Z'_x}{Z'_{mag}} + Y \times \frac{Z'_y}{Z'_{mag}} + Z \times \frac{Z'_z}{Z'_{mag}}$
Рассчитать азимут и угол места земной станции, если смотреть со спутника			
Азимут земной станции, если смотреть со спутника (градусы)	Az	-39,677	$\text{atan}\left(\frac{Y_{delta}}{X_{delta}}\right)$
Угол места земной станции, если смотреть со спутника (градусы)	El	24,146	$\text{asin}\left(\frac{Z_{delta}}{r}\right)$
Из маски п.п.м. выбрать величину п.п.м. для широты, ближайшей к широте подспутниковой точки спутника НГСО, чтобы широта подспутниковой точки, азимут и угол места соответствовали рассчитанным выше значениям. Поскольку VLA спутника ГСО имеет очень большую ширину полосы пропускания, могут существовать несколько наборов масок с перекрывающимися частотами, причем все они должны быть включены. все они должны быть включены. Поскольку рассматриваемый случай отражает событие появления помех по линии, отношение $G_r(\theta)/G_{r,max}$ при расчете э.п.п.м. равно 0			
Частота 1: п.п.м. спутника НГСО при значениях углов азимута и места к земной станции	$pf d_1$	-140	Пример
Частота 2: п.п.м. спутника НГСО при значениях углов азимута и места к земной станции	$pf d_2$	-131	Пример
	...		
Частота n : п.п.м. спутника НГСО при значениях углов азимута и места к земной станции	$pf d_n$	-140	Пример
Рассчитать э.п.п.м. для наихудшего случая (дБ(Вт/(м ² · 40 кГц)))	$epfd$	-130,025	$10 \log\left(10^{\left(\frac{pf d_1}{10}\right)} + 10^{\left(\frac{pf d_2}{10}\right)} + \dots + 10^{\left(\frac{pf d_n}{10}\right)}\right)$
Рассчитать э.п.п.м. для наихудшего случая (дБ(Вт/(м ² · МГц)))	$epfd$	-116,045	$10 \log\left(10^{\left(\frac{pf d_1}{10}\right)} + 10^{\left(\frac{pf d_2}{10}\right)} + \dots + 10^{\left(\frac{pf d_n}{10}\right)}\right)$
Пороговый уровень э.п.п.м. (дБ(Вт/(м ² · 40 кГц)))	$epfd$	-171,0	
Пороговый уровень э.п.п.м. (дБ(Вт/(м ² · МГц)))	$epfd$	-157,0	
Пороговый уровень э.п.п.м. превышен		ДА	

3 **Случай 2**

Случай 2 описывает сценарий, при котором зона исключения определяется как зона в пределах $\pm X^\circ$ от земной станции ГСО до дуги ГСО. Когда спутник НГСО расположен внутри этой зоны исключения, он не может вести передачу в направлении каких-либо земных станций. Наихудший вариант геометрических построений для этого случая отображен на рисунке 2, на котором спутник НГСО расположен на краю зоны исключения, осуществляя передачу в направлении совмещенных земных станций ГСО и НГСО. Такая геометрия отражает сценарий помех, когда главный луч спутника НГСО попадает в боковой лепесток спутника ГСО. Этот метод снижения помех обычно используется в группировке ЛЕО, но может работать и в группировке МЕО. Алгоритм по расчету значений э.п.п.м. требует применения следующих шагов.

Шаг 1. Входные данные: радиус Земли, радиус орбиты НГСО, наклонение НГСО, радиус орбиты ГСО, долгота спутника ГСО, наклонение орбиты спутника ГСО, широта земной станции ГСО, долгота земной станции ГСО.

Шаг 2. Рассчитать углы азимута и места от земной станции ГСО до спутника ГСО.

Шаг 3. Поскольку зона исключения спутника НГСО основана на дуге ГСО с наклонением 0° , рассчитать углы азимута и места от земной станции ГСО к спутнику ГСО для наклонения 0° и для долготы испытывающего помехи спутника ГСО.

Шаг 4. Рассчитать широту и долготу подспутниковой точки спутника НГСО для того же азимута, что и у спутника ГСО с наклонением 0° , а также угол X° (угол зоны исключения) плюс угол места к спутнику ГСО с наклонением 0° , с тем чтобы найти местоположение спутника НГСО на краю зоны исключения.

Шаг 5. Рассчитать внеосевой угол приема (угол дельта между углами места спутника НГСО и спутника ГСО с наклонной орбитой при максимальном отклонении) и соответствующее усиление на земной станции ГСО.

Шаг 6. Рассчитать результирующее значение угла альфа ($Alpha_{Conjunction}$), измеренного от дуги геостационарной орбиты, когда спутник НГСО находится на одной линии со спутником ГСО с максимальным наклонением орбиты (совмещение):

- a) если $Alpha_{Conjunction}$ больше X° (угла зоны исключения), то совмещение может произойти, когда спутник ГСО с наклонной орбитой находится за пределами угла зоны исключения, и следует использовать случай 1;
- b) если $Alpha_{Conjunction}$ меньше или равен X° (углу зоны исключения), то совмещение происходит, когда спутник ГСО с наклонной орбитой находится в пределах угла зоны исключения, и следует использовать случай 2.

Шаг 7. Если маски п.п.м. спутника НГСО представлены в виде зависимости угла альфа от разности по долготе (дельта) (определения угла альфа и разности по долготе см. в Рекомендации МСЭ-R S.1503):

- a) из масок п.п.м. выбрать значение п.п.м. для широты, ближайшей к широте подспутниковой точки спутника НГСО для угла альфа = $Alpha_0$, и разности по долготе между спутниками ГСО и НГСО;
- b) поскольку спутник ГСО имеет очень широкую полосу пропускания, могут существовать несколько наборов масок п.п.м. с перекрывающимися частотами, причем все они должны быть включены;
- c) рассчитать уровень э.п.п.м., как определено в пункте **22.5C** PP.

Шаг 8. Если маски п.п.м. спутника НГСО представлены в виде зависимости угла азимута от угла места (определения углов азимута и места см. в Рекомендации МСЭ-R S.1503):

- a) рассчитать координаты спутника ГСО, земной станции и спутника НГСО в системе координат ECF;
- b) перевести вектор между спутником НГСО и земной станцией ГСО из координат ECF в систему координат с центром в месте расположения спутника, а затем вращать этот вектор;

- с) рассчитать углы азимута и места от спутника НГСО к земной станции ГСО;
- д) из масок п.п.м. выбрать значение п.п.м. для широты, ближайшей к широте подспутниковой точки спутника НГСО для углов азимута и места от спутника НГСО к земной станции ГСО;
- е) поскольку спутник ГСО имеет очень широкую полосу пропускания, могут существовать несколько наборов масок п.п.м. с перекрывающимися частотами, причем все они должны быть включены;
- ф) рассчитать уровень э.п.м., как определено в пункте **22.5С РР**.

Была составлена рабочая таблица Excel с соответствующими уравнениями и предварительно заданными расчетами. В таблице 3 показано изображение страницы с расчетами для случая 2. Входные величины для спутниковой системы НГСО являются вымышленными и не представляют какую-либо конкретную систему.

ТАБЛИЦА 3

Расчеты в рабочей таблице Excel для случая 2

Случай 2. Зона исключения, определяемая как зона в пределах $\pm X^\circ$ от земной станции ГСО до дуги ГСО				
Спутник НГСО НЕ МОЖЕТ вести передачу, пока он находится в зоне исключения.				
Наихудший случай – спутник НГСО находится на краю зоны исключения, осуществляя передачу непосредственно в направлении земной станции ГСО.				
Альфа = a_0				
Примечание 1. – Этот алгоритм действителен только для спутников НГСО с круговыми орбитами.				
Примечание 2. – Если при совмещении угол альфа больше угла зоны исключения НГСО, следует использовать случай 1.				
Входные данные				
	Радиус Земли (км)	R_e	6 378,15	
	Радиус НГСО (км)	R_n	7 878	
	Наклонение орбиты спутника НГСО (градусы)	i	55	
	Угол зоны исключения НГСО (градусы)	β	10	
	Радиус ГСО (км)	R_g	42 164	
	Долгота спутника ГСО (градусы)	GSO_{long}	-30	
	Наклонение орбиты спутника ГСО (градусы)	i_g	5	
	Широта земной станции (градусы)	φ	38	
	Долгота земной станции (градусы)	$earth_{long}$	-77	
	Максимальное усиление антенны земной станции (дБ)	G_{max}	70	
	Эталонная ширина полосы частот маски (кГц)		40	Определяется по файлу маски (40 или 1000)
	Диапазон частот (Ku или Ka)		Ka	
Расчеты				
	Широта спутника ГСО (градусы)	δ_g	5	
	Разность по долготе между земной станцией и спутником ГСО (градусы)	$\Delta\lambda_g$	47	$GSO_{long} - earth_{long}$
	Рассчитать угол гамма от земной станции до спутника ГСО (градусы)	γ_g	53,91141	$\arccos[\sin(\varphi) \times \sin(\delta_g) + \cos(\varphi) \times \cos(\delta_g) \times \cos(\Delta\lambda_g)]$
	Рассчитать наклонное расстояние от земной станции до спутника ГСО (км)	d_g	38 751,35	$\sqrt{R_e^2 + R_g^2 - 2 \times R_e \times R_g \times \cos(\gamma_g)}$
	Рассчитать угол места от земной станции к спутнику ГСО (градусы)	El	28,44516	$\arccos\left[\left(\frac{R_g}{d_g}\right) \times \sin(\gamma_g)\right]$
	Рассчитать угол азимута от земной станции к спутнику ГСО (градусы)	Az	115,6339	Если $(\Delta\lambda_g > 0$ и $\varphi < 0)$ или $(\Delta\lambda_g < 0$ и $\varphi < 0)$, тогда $\arcsin\left[\frac{\cos(\delta_g) \times \sin(\Delta\lambda_g)}{\sin(\gamma_g)}\right]$, иначе $180 - \arcsin\left[\frac{\cos(\delta_g) \times \sin(\Delta\lambda_g)}{\sin(\gamma_g)}\right]$
	Рассчитать угол гамма от земной станции к спутнику ГСО с наклонением 0° (градусы)	γ_0	57,49168	$\arccos[\cos(\varphi) \times \cos(\Delta\lambda_g)]$
	Рассчитать наклонное расстояние от земной станции до спутника ГСО с наклонением 0° (км)	d_0	39 107,9	$\sqrt{R_e^2 + R_g^2 - 2 \times R_e \times R_g \times \cos(\gamma_0)}$
	Рассчитать угол места от земной станции к спутнику ГСО с наклонением 0° (градусы)	El_0	24,60297	$\arccos\left[\left(\frac{R_g}{d_0}\right) \times \sin(\gamma_0)\right]$

ТАБЛИЦА 3 (продолжение)

Рассчитать угол места к спутнику НГСО на краю зоны исключения (градусы)	$nGSO_{El}$	34,60297	$El_0 + \beta$
Рассчитать внеосевой угол на земной станции ГСО	θ	6,157819	$nGSO_{El} - El$
Рассчитать усиление земной станции для внеосевого угла θ° (дБ)	$G(\theta)$	9,264328	Рекомендация МСЭ-R S.1428 (макрофункция)
Рассчитать угол гамма от земной станции к спутнику НГСО (градусы)	γ_n	13,60588	$\text{acos}\left(\left(\frac{R_e}{R_n}\right) \times \cos(nGSO_{El})\right) - nGSO_{El}$
Рассчитать широту подспутниковой точки спутника НГСО для этих углов Az и El (градусы)	δ	31,21079	Если $\varphi > 0$, тогда $90 - \text{acos}[\cos(90 - \varphi) \times \cos(\gamma_n) + \sin(90 - \varphi) \times \sin(\gamma_n) \times \cos(Az)]$, иначе $90 - \text{acos}[\cos(90 + \varphi) \times \cos(\gamma_n) + \sin(90 - \varphi) \times \sin(\gamma_n) \times \cos(Az + 180)]$
Рассчитать разность по долготе между спутником НГСО и земной станцией (градусы)	$\Delta\lambda_n$	14,35798	Если $\Delta\lambda_g > 0$, тогда $\text{acos}\left[\frac{\cos(\gamma_n) - \sin(\varphi) \times \sin(\delta)}{\cos(\varphi) \times \cos(\delta)}\right]$, иначе $-1 \times \text{acos}\left[\frac{\cos(\gamma_n) - \sin(\varphi) \times \sin(\delta)}{\cos(\varphi) \times \cos(\delta)}\right]$
Рассчитать долготу подспутниковой точки спутника НГСО для этих углов Az и El (градусы)	$nGSO_{long}$	-62,64202	$earth_{long} + \Delta\lambda_n$
Рассчитать угол гамма между земной станцией и спутником НГСО при совмещении (градусы)	γ_{nc}	16,16731	$\text{acos}\left(\left(\frac{R_e}{R_n}\right) \times \cos(El)\right) - El$
Рассчитать широту подспутниковой точки спутника НГСО для углов Az и El при совмещении (градусы)	δ_c	29,76146	Если $\varphi > 0$, тогда $90 - \text{acos}[\cos(90 - \varphi) \times \cos(\gamma_n) + \sin(90 - \varphi) \times \sin(\gamma_n) \times \cos(Az)]$, иначе $90 - \text{acos}[\cos(90 + \varphi) \times \cos(\gamma_n) + \sin(90 - \varphi) \times \sin(\gamma_n) \times \cos(Az + 180)]$
Рассчитать разность по долготе между спутником НГСО при совмещении и земной станцией (градусы)	$\Delta\lambda_{nc}$	16,80892	Если $\Delta\lambda_g > 0$, тогда $\text{acos}\left[\frac{\cos(\gamma_n) - \sin(\varphi) \times \sin(\delta)}{\cos(\varphi) \times \cos(\delta)}\right]$, иначе $-1 \times \text{acos}\left[\frac{\cos(\gamma_n) - \sin(\varphi) \times \sin(\delta)}{\cos(\varphi) \times \cos(\delta)}\right]$
Рассчитать долготу подспутниковой точки спутника НГСО для углов Az и El при совмещении (градусы)	$nGSO_{long c}$	-60,1911	$earth_{long} + \Delta\lambda_n$
Определить результирующее значение угла альфа, измеренного от дуги геостационарной орбиты, когда спутник НГСО находится на одной линии со спутником ГСО с максимальным наклонением орбиты (совмещение).			
Широта дуги ГСО (градусы)	GSO_{lat}	0	
Рассчитать составляющие x , y , z широты VLA в системе координат ECF			
Значение x VLA (км)	VLA_x	1 130,615	$R_e \times \cos(\varphi) \times \cos(earth_{long})$
Значение y VLA (км)	VLA_y	-4 897,23	$R_e \times \cos(\varphi) \times \sin(earth_{long})$
Значение z VLA (км)	VLA_z	3 926,781	$R_e \times \sin(\varphi)$
Рассчитать составляющие x , y , z дуги ГСО в системе координат ECF			
Значение x дуги ГСО (км)	$GSO_{arc x}$	36 515,1	$R_g \times \cos(GSO_{lat}) \times \cos(GSO_{long})$
Значение y дуги ГСО (км)	$GSO_{arc y}$	-21 082	$R_g \times \cos(GSO_{lat}) \times \sin(GSO_{long})$
Значение z дуги ГСО (км)	$GSO_{arc z}$	0	$R_g \times \sin(\varphi)$
Рассчитать составляющие x , y , z положения спутника НГСО на широте, на которой в системе координат ECF он оказывается на одной линии со спутником ГСО при максимальном наклонении его орбиты (совмещение).			
Значение x спутника НГСО (км)	$nGSO_x$	3 399,674	$R_n \times \cos(\delta) \times \cos(nGSO_{long})$
Значение y спутника НГСО (км)	$nGSO_y$	-5 934,02	$R_n \times \cos(\delta) \times \sin(nGSO_{long})$
Значение z для спутника НГСО (км)	$nGSO_z$	3 910,561	$R_n \times \sin(\delta)$

ТАБЛИЦА 3 (продолжение)

Рассчитать векторы, необходимые для вычисления угла альфа, видимого со спутника ГСО с максимальным наклоном орбиты				
	Вектор от VLA до дуги GSO (км)	$VLA-GSO_{arc}$	39 107,9	$\sqrt{(GSO_{arc\ x} - VLA_x)^2 + (GSO_{arc\ y} - VLA_y)^2 + (GSO_{arc\ z} - VLA_{zx})^2}$
	Вектор от VLA до спутника НГСО (км)	$VLA-nGSO$	2 494,758	$\sqrt{(nGSO_x - VLA_x)^2 + (nGSO_y - VLA_y)^2 + (nGSO_z - VLA_{zx})^2}$
	Вектор от дуги ГСО до спутника НГСО (км)	$GSO_{arc}-nGSO$	36 624,92	$\sqrt{(nGSO_x - GSO_{arc\ x})^2 + (nGSO_y - GSO_{arc\ y})^2 + (nGSO_z - GSO_{arc\ zx})^2}$
	Угол альфа при совмещении	$Alpha_{conj}$	5,390246	$\arccos \left[\frac{(VLA\ to\ GSO_{arc}\ vector)^2 + (VLA\ to\ nGSO\ vector)^2 - (GSO_{arc}\ to\ nGSO\ Vector)^2}{2 \times VLA\ to\ GSO_{arc}\ Vector \times VLA\ to\ nGSO\ Vector} \right]$
Если угол альфа при совмещении $> \beta$, использовать случай 1, в противном случае переходить к случаю 2.				СЛУЧАЙ 2
Если маски п.п.м. спутника представлены в виде зависимости угла альфа от разности по долготе (дельта)				
	Рассчитать разность (Δ) по долготе между спутниками ГСО и НГСО (градусы)	$delta$	32,64202	$GSO_{long} - nGSO_{long}$
Из маски п.п.м. выбрать величину п.п.м., для которой угол альфа = α_0 , а значения широты подспутниковой точки и дельта являются ближайшими к рассчитанному выше. Поскольку VLA спутника ГСО имеет очень большую ширину полосы пропускания, могут существовать несколько наборов масок с перекрывающимися частотами, причем все они должны быть включены.				
	Частота 1: п.п.м. спутника НГСО	pdf_1	-140	Пример
	Частота 2: п.п.м. спутника НГСО	pdf_2	-131	Пример
	...			
	Частота n : п.п.м. спутника НГСО	pdf_n	-140	Пример
	Рассчитать э.п.п.м. для наихудшего случая (дБ(Вт/(м ² · 40 кГц)))	$epfd$	-190,760	$10 \log \left(10^{\frac{pdf_1 + G(X) - G_{max}}{10}} + 10^{\frac{pdf_2 + G(X) - G_{max}}{10}} + \dots + 10^{\frac{pdf_n + G(X) - G_{max}}{10}} \right)$
	Рассчитать э.п.п.м. для наихудшего случая (дБ(Вт/(м ² · МГц)))	$epfd$	-176,781	$10 \log \left(10^{\frac{pdf_1 + G(X) - G_{max}}{10}} + 10^{\frac{pdf_2 + G(X) - G_{max}}{10}} + \dots + 10^{\frac{pdf_n + G(X) - G_{max}}{10}} \right)$
	Пороговый уровень э.п.п.м. (дБ(Вт/(м ² · 40 кГц)))	$epfd$	-171,0	Из Приложения 5 к РР МСЭ
	Пороговый уровень э.п.п.м. (дБ(Вт/(м ² · МГц)))	$epfd$	-157,0	Из Приложения 5 к РР МСЭ
	Пороговый уровень э.п.п.м. превышен		НЕТ	
Если маски п.п.м. спутника представлены в виде зависимости угла азимута от угла места				
Рассчитать составляющие x , y , z и r земной станции в координатах ECF				
	Значение x земной станции (км)	X_e	1 130,615	$R_e \times \cos(\varphi) \times \cos(earth_{long})$
	Значение y земной станции (км)	Y_e	-4 897,233	$R_e \times \cos(\varphi) \times \sin(earth_{long})$
	Значение z земной станции (км)	Z_e	3 926,781	$R_e \times \sin(\varphi)$
	Значение r земной станции (км)	R_{es}	6 378,15	$\sqrt{X_e^2 + Y_e^2 + Z_e^2}$
Рассчитать составляющие x , y , z и r спутника НГСО в координатах ECF				
	Значение x спутника НГСО (км)	X_n	3 096,342	$R_n \times \cos(\delta) \times \cos(nGSO_{long})$
	Значение y спутника НГСО (км)	Y_n	-5 984,187	$R_n \times \cos(\delta) \times \sin(nGSO_{long})$
	Значение z спутника НГСО (км)	Z_n	4 082,286	$R_n \times \sin(\delta)$
	Значение r спутника НГСО (км)	R_n	7 878,00	$\sqrt{X_n^2 + Y_n^2 + Z_n^2}$

ТАБЛИЦА 3 (продолжение)

Рассчитать вектор между спутником НГСО и земной станцией				
	Вектор X (км)	X	-1 965,727	$X_e - X_n$
	Вектор Y (км)	Y	1 086,953	$Y_e - Y_n$
	Вектор Z (км)	Z	-155,5047	$Z_e - Z_n$
	Вектор r (км)	r	2 251,61	$\sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}$
Северный вектор				
	Северный вектор X	N_x	0	Составляющая x северного вектора
	Северный вектор Y	N_y	0	Составляющая y северного вектора
	Северный вектор Z	N_z	1	Составляющая z северного вектора
	Величина северного вектора	N_{mag}	1	Величина вектора северного направления
Рассчитать составляющую X положения спутника в системе координат спутника, вычислив произведение вектора от спутника к центру Земли с обратным знаком на северный вектор				
	Составляющая X в системе координат спутника – составляющая x	X'_x	5 984,1867	$-Y_n \times N_z + N_y \times Z_n$
	Составляющая X в системе координат спутника – составляющая y	X'_y	3 096,3422	$-Z_n \times N_x + N_z \times X_n$
	Составляющая X в системе координат спутника – составляющая z	X'_z	0	$-X_n \times N_y + N_x \times Y_n$
	Величина составляющей X	X'_{mag}	6 737,79	$\sqrt{X'^2_x + X'^2_y + X'^2_z}$
Рассчитать составляющую Z положения спутника в системе координат спутника, вычислив произведение вектора от спутника к центру Земли с обратным знаком на составляющую X положения спутника в системе координат спутника				
	Составляющая Z в системе координат спутника – составляющая x	Z'_x	-12 640 154,2	$-Y_n \times X'_z + X'_y \times Z_n$
	Составляющая Z в системе координат спутника – составляющая y	Z'_y	24 429 161,1	$-Z_n \times X'_x + X'_z \times X_n$
	Составляющая Z в системе координат спутника – составляющая z	Z'_z	45 397 825,7	$-X_n \times X'_y + X'_x \times Y_n$
	Величина составляющей Z	Z'_{mag}	53 080 316,4	$\sqrt{Z'^2_x + Z'^2_y + Z'^2_z}$
Рассчитать величину вектора от спутника до земной станции в направлении оси спутника, вычислив скалярные произведения				
	Величина в направлении X	X_{delta}	-1 246,357	$X \times \frac{X'_x}{X'_{mag}} + Y \times \frac{X'_y}{X'_{mag}} + Z \times \frac{X'_z}{X'_{mag}}$
	Величина в направлении Y	Y_{delta}	1 678,8409	$-X \times \frac{X'_n}{r} - Y \times \frac{Y'_n}{r} - Z \times \frac{Z'_n}{r}$
	Величина в направлении Z	Z_{delta}	835,35433	$X \times \frac{Z'_x}{Z'_{mag}} + Y \times \frac{Z'_y}{Z'_{mag}} + Z \times \frac{Z'_z}{Z'_{mag}}$
Рассчитать азимут и угол места земной станции, если смотреть со спутника				
	Азимут земной станции, если смотреть со спутника (градусы)	Az	-36,5898	$atan\left(\frac{x_{sat}}{y_{sat}}\right)$
	Угол места земной станции, если смотреть со спутника (градусы)	El	21,7775	$atan\left(\frac{z_{sat}}{\sqrt{x_{sat}^2 + y_{sat}^2}}\right)$
Из маски п.п.м. выбрать величину п.п.м. для широты, ближайшей к широте подспутниковой точки, и значений Az и El , ближайших к рассчитанным выше для спутника НГСО. Поскольку VLA спутника ГСО имеет очень большую ширину полосы пропускания, могут существовать несколько наборов масок с перекрывающимися частотами, причем все они должны быть включены.				
	Частота 1: п.п.м. спутника НГСО при значениях углов азимута и места к земной станции	pf/d_1	-140	Пример

ТАБЛИЦА 3 (окончание)

Частота 2: п.п.м. спутника НГСО при значениях углов азимута и места к земной станции	$pf d_2$	-131	Пример
	...		
Частота n : п.п.м. спутника НГСО при значениях углов азимута и места к земной станции	$pf d_n$	-140	Пример
Рассчитать э.п.п.м. для наихудшего случая (дБ(Вт/(м ² · 40 кГц))	$epfd_{40kHz}$	-190,760	$10\log \left(10^{\frac{pf d_1 + G(X) - G_{max}}{10}} + 10^{\frac{pf d_2 + G(X) - G_{max}}{10}} + \dots + 10^{\frac{pf d_n + G(X) - G_{max}}{10}} \right)$
Рассчитать э.п.п.м. для наихудшего случая (дБ(Вт/(м ² · МГц))	$epfd$	-176,781	$10\log \left(10^{\frac{pf d_1 + G(X) - G_{max}}{10}} + 10^{\frac{pf d_2 + G(X) - G_{max}}{10}} + \dots + 10^{\frac{pf d_n + G(X) - G_{max}}{10}} \right)$
Пороговый уровень э.п.п.м. (дБ(Вт/(м ² · 40 кГц))	$epfd$	-171,0	Из Приложения 5 к РР МСЭ
Пороговый уровень э.п.п.м. (дБ(Вт/(м ² · МГц))	$epfd$	-157,0	Из Приложения 5 к РР МСЭ
Пороговый уровень э.п.п.м. превышен		НЕТ	

4 Случай 3

Случай 3 описывает сценарий, при котором зона исключения определяется как зона в пределах широты $\pm X^\circ$ для широты подспутниковой точки спутника НГСО. Когда спутник НГСО расположен внутри этой зоны исключения, он не может вести передачу в направлении каких-либо земных станций. Наихудший вариант геометрических построений для этого случая отображен на рисунке 3, на котором спутник НГСО расположен на краю зоны исключения, осуществляя передачу в направлении совмещенных земных станций ГСО и НГСО. Такая геометрия отражает сценарий помех, когда главный луч спутника НГСО попадает в боковой лепесток спутника ГСО. Этот метод снижения помех обычно используется в группировке МЕО, но может работать и в группировке НЕО. Если наклонение орбиты спутника ГСО больше широты точки выхода спутника НГСО из зоны исключения, может произойти совмещение, и следует использовать случай 1. В этой ситуации для негеостационарных орбит НЕО в качестве радиуса орбиты НГСО в случае 1 следует использовать радиус орбиты спутника НЕО на широте совмещения. Алгоритм по расчету значений э.п.п.м.↓ требует применения следующих шагов.

Шаг 1. Входные данные: радиус Земли, радиус орбиты НГСО, наклонение орбиты спутника НГСО, широта точки выхода спутника НГСО из зоны исключения, долгота спутника ГСО, наклонение орбиты спутника ГСО, радиус орбиты ГСО, широта земной станции ГСО, долгота земной станции ГСО, максимальное усиление антенны земной станции ГСО.

Шаг 2. Рассчитать минимальный внеосевой угол от земной станции ГСО до спутника НГСО (эта функция выполняется в виде макрофункции, при которой спутник НГСО перемещается по долготе вдоль широты точки выхода из зоны исключения, вычисляется внеосевой угол, а затем записывается минимальное значение).

Шаг 3. Рассчитать широту и долготу подспутниковой точки спутника НГСО для минимального внеосевого угла.

Шаг 4. Рассчитать внеосевой угол приема и усиление антенны земной станции ГСО.

Шаг 5. Если маски п.п.м. спутника НГСО представлены в виде зависимости угла альфа от разности по долготе (дельта) (определения угла альфа и разности по долготе см. в Рекомендации МСЭ-R S.1503):

- a) из масок п.п.м. выбрать значение п.п.м. для широты, ближайшей к широте подспутниковой точки спутника НГСО для угла альфа = Alpha_0 , и разности по долготе между спутниками ГСО и НГСО;
- b) поскольку спутник ГСО имеет очень широкую полосу пропускания, могут существовать несколько наборов масок п.п.м. с перекрывающимися частотами, причем все они должны быть включены;
- c) рассчитать уровень э.п.п.м., как определено в пункте **22.5C** PP.

Шаг 6. Если маски п.п.м. спутника НГСО представлены в виде зависимости угла азимута от угла места (определения углов азимута и места см. в Рекомендации МСЭ-R S.1503):

- a) рассчитать координаты спутника ГСО, земной станции и спутника НГСО в системе координат ECF;
- b) перевести вектор между спутником НГСО и земной станцией ГСО из координат ECF в систему координат с центром в месте расположения спутника, а затем вращать этот вектор;
- c) рассчитать углы азимута и места от спутника НГСО к земной станции ГСО;
- d) из масок п.п.м. выбрать значение п.п.м. для широты, ближайшей к широте подспутниковой точки спутника НГСО для углов азимута и места от спутника НГСО к земной станции ГСО;
- e) поскольку спутник ГСО имеет очень широкую полосу пропускания, могут существовать несколько наборов масок п.п.м. с перекрывающимися частотами, причем все они должны быть включены;
- f) рассчитать уровень э.п.п.м., как определено в пункте **22.5C** PP.

Была составлена рабочая таблица Excel с соответствующими уравнениями и предварительно заданными расчетами. В таблице 4 показано изображение страницы с расчетами для случая 3. Входные величины для спутниковой системы НГСО являются вымышленными и не представляют какую-либо конкретную систему.

ТАБЛИЦА 4

Расчеты в рабочей таблице Excel для случая 3

Случай 3. Спутник НГСО НЕ МОЖЕТ вести передачу, когда он находится выше или ниже определенной широты. Группировка МЕО не сможет вести передачу на широтах между +X или -X. Группировка НЕО не сможет вести передачу на широтах ниже +X или выше -X в зависимости от полушария, в котором находится апогей.				
Наихудший случай – спутник НГСО находится на установленной широте, осуществляя передачу непосредственно в направлении земной станции ГСО.				
Альфа = a_0				
Примечание 1. – Для спутника НЕО входными данными для радиуса НГСО является радиус НЕО на широте точки входа в зону исключения или выхода из нее.				
Примечание 2. – Если наклонение орбиты спутника ГСО больше широты точки выхода спутника НГСО из зоны исключения, может произойти совмещение, и следует использовать случай 1. В этой ситуации в качестве входных данных для радиуса орбиты НГСО спутника НЕО служит радиус орбиты НЕО на широте совмещения.				
Входные данные				
	Радиус Земли (км)	R_e	6 378,15	
	Радиус ГСО (км)	R_g	42 164	
	Наклонение орбиты спутника НГСО (градусы)	i	55	
	Радиус НГСО (км)	R_n	23 958	
	Широта точки входа/выхода спутника НГСО (градусы)	β	-45	
	Широта точки входа/выхода положительная или отрицательная? (1 – да или 2 – нет)		1	
	Долгота спутника ГСО (градусы)	GSO_{long}	-30	
	Наклонение орбиты спутника ГСО (градусы)	GSO_{inc}	5	
	Широта земной станции (градусы)	φ	38	
	Долгота земной станции (градусы)	$earth_{long}$	-77	
	Максимальное усиление антенны земной станции (дБ)	G_{max}	70	
	Эталонная ширина полосы частот маски (кГц)		40	Определяется по файлу маски (40 или 1 000)
	Диапазон частот (Ku или Ka)		Ka	
Расчеты				
	Рассчитать минимальный внеосевой угол	β	44,09438	Макрофункция
	Долгота спутника НГСО для минимального внеосевого угла	$nGSO_{long}$	-32	Макрофункция
	Широта спутника НГСО для минимального внеосевого угла	$nGSO_{lat}$	45	Макрофункция
	Рассчитать усиление (антенны) земной станции для внеосевого угла θ°	$G(\beta)$	-12	Рекомендация МСЭ-R S.1428 (макрофункция)
Если маски п.п.м. спутника представлены в виде зависимости угла альфа от разности по долготе (дельта)				
	Рассчитать разность по долготе между спутниками ГСО и НГСО (градусы)	$delta$	2	
Из маски п.п.м. выбрать величину п.п.м. со значением угла альфа = a_0 и значениями широты подспутниковой точки и дельта, ближайшими к рассчитанным выше. Поскольку VLA спутника ГСО имеет очень большую ширину полосы пропускания, могут существовать несколько наборов масок с перекрывающимися частотами, причем все они должны быть включены.				
	Частота 1: п.п.м. спутника НГСО	$pf d_1$	-140	Пример
	Частота 2: п.п.м. спутника НГСО	$pf d_2$	-131	Пример
	...			
	Частота n: п.п.м.спутника НГСО	$pf d_n$	-140	Пример
	Рассчитать э.п.п.м. для наилучшего случая (дБ(Вт/(м ² · 40 кГц)))	$epfd_{40кГц}$	-212,025	$10\log \left(10^{\frac{pf d_1 + G(X) - G_{max}}{10}} + 10^{\frac{pf d_2 + G(X) - G_{max}}{10}} + \dots + 10^{\frac{pf d_n + G(X) - G_{max}}{10}} \right)$

ТАБЛИЦА 4 (продолжение)

	Рассчитать э.п.п.м. для наихудшего случая (дБ(Вт/(м ² · МГц)))	<i>epfd</i>	-198,045	$10 \log \left(10^{\frac{P_{\text{max}}}{10}} + 10^{\frac{P_{\text{max}}}{10} + G(X) - \theta_{\text{max}}} + \dots \right)$
	Пороговый уровень э.п.п.м. (дБ(Вт/(м ² · 40 кГц)))	<i>epfd</i>	-199,0	Из Приложения 5 к РР МСЭ
	Пороговый уровень э.п.п.м. (дБ(Вт/(м ² · МГц)))	<i>epfd</i>	-185,0	Из Приложения 5 к РР МСЭ
	Пороговый уровень превышен?		НЕТ	
Если маски п.п.м. спутника представлены в виде зависимости угла азимута от угла места				
Рассчитать составляющие <i>x</i> , <i>y</i> , <i>z</i> и <i>r</i> земной станции в системе координат ECF				
	Значение <i>x</i> земной станции (км)	<i>X_e</i>	1 130,62	$R_e \times \cos(\varphi) \times \cos(\text{earth}_{\text{long}})$
	Значение <i>y</i> земной станции (км)	<i>Y_e</i>	-4 897,23	$R_e \times \cos(\varphi) \times \sin(\text{earth}_{\text{long}})$
	Значение <i>z</i> земной станции (км)	<i>Z_e</i>	3 926,78	$R_e \times \sin(\varphi)$
	Значение <i>r</i> земной станции (км)	<i>R_{es}</i>	6 378,15	$\sqrt{X_e^2 + Y_e^2 + Z_e^2}$
Рассчитать составляющие <i>x</i> , <i>y</i> , <i>z</i> и радиус орбиты спутника НГСО в системе координат ECF				
	Значение <i>x</i> спутника НГСО (км)	<i>X_n</i>	14 366,67	$R_n \times \cos(\delta) \times \cos(n\text{GSO}_{\text{long}})$
	Значение <i>y</i> спутника НГСО (км)	<i>Y_n</i>	-8 977,29	$R_n \times \cos(\delta) \times \sin(n\text{GSO}_{\text{long}})$
	Значение <i>z</i> спутника НГСО (км)	<i>Z_n</i>	16 940,86	$R_n \times \sin(\delta)$
	Радиус орбиты спутника НГСО (км)	<i>R_n</i>	23 958	$\sqrt{X_n^2 + Y_n^2 + Z_n^2}$
Рассчитать вектор между спутником НГСО и земной станцией				
	Вектор <i>X</i> (км)	<i>X</i>	-13 236,05	$X_e - X_n$
	Вектор <i>Y</i> (км)	<i>Y</i>	4 080,057	$Y_e - Y_n$
	Вектор <i>Z</i> (км)	<i>Z</i>	-13 014,08	$Z_e - Z_n$
	Вектор <i>r</i> (км)	<i>r</i>	19 005,428	$\sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}$
Северный вектор				
	Северный вектор <i>X</i>	<i>N_x</i>	0	Составляющая <i>x</i> северного вектора
	Северный вектор <i>Y</i>	<i>N_y</i>	0	Составляющая <i>y</i> северного вектора
	Северный вектор <i>Z</i>	<i>N_z</i>	1	Составляющая <i>z</i> северного вектора
	Величина северного вектора	<i>N_{mag}</i>	1	Величина вектора северного направления
Рассчитать составляющую <i>X</i> положения спутника в системе координат спутника, вычислив произведение вектора от спутника к центру Земли с обратным знаком на северный вектор				
	Составляющая <i>X</i> в системе координат спутника – составляющая <i>x</i>	<i>X'_x</i>	8 977,2903	$-Y_n \times N_z + N_y \times Z_n$
	Составляющая <i>X</i> в системе координат спутника – составляющая <i>y</i>	<i>X'_y</i>	14 366,667	$-Z_n \times N_x + N_z \times X_n$
	Составляющая <i>X</i> в системе координат спутника – составляющая <i>z</i>	<i>X'_z</i>	-0	$-X_n \times N_y + N_x \times Y_n$
	Величина составляющей <i>X</i>	<i>X'_{mag}</i>	16 940,86	$\sqrt{X_x'^2 + X_y'^2 + X_z'^2}$
Рассчитать составляющую <i>Z</i> положения спутника в системе координат спутника, вычислив произведение вектора от спутника к центру Земли с обратным знаком на составляющую <i>X</i> положения спутника в системе координат спутника				
	Составляющая <i>Z</i> в системе координат спутника – составляющая <i>x</i>	<i>Z'_x</i>	-243 383 767,2	$-Y_n \times X'_z + X'_y \times Z_n$
	Составляющая <i>Z</i> в системе координат спутника – составляющая <i>y</i>	<i>Z'_y</i>	152 083 056,9	$-Z_n \times X'_x + X'_z \times X_n$
	Составляющая <i>Z</i> в системе координат спутника – составляющая <i>z</i>	<i>Z'_z</i>	286 992 882	$-X_n \times X'_y + X'_x \times Y_n$
	Величина составляющей <i>Z</i>	<i>Z'_{mag}</i>	405 869 226,0	$\sqrt{Z_x'^2 + Z_y'^2 + Z_z'^2}$

ТАБЛИЦА 4 (продолжение)

Рассчитать величину вектора от спутника до земной станции в направлении оси спутника, вычислив скалярные произведения			
Величина в направлении X	X_{delta}	-3 553,954595	$X \times \frac{X'_x}{X'_{mag}} + Y \times \frac{X'_y}{X'_{mag}} + Z \times \frac{X'_z}{X'_{mag}}$
Величина в направлении Y	Y_{delta}	18 668,32096	$-X \times \frac{X'_n}{r} - Y \times \frac{Y'_n}{r} - Z \times \frac{Z'_n}{r}$
Величина в направлении Z	Z_{delta}	263,6282482	$X \times \frac{Z'_x}{Z'_{mag}} + Y \times \frac{Z'_y}{Z'_{mag}} + Z \times \frac{Z'_z}{Z'_{mag}}$
Рассчитать азимут и угол места земной станции, если смотреть со спутника			
Азимут земной станции, если смотреть со спутника (градусы)	Az	-10,77862297	$\text{atan}\left(\frac{Y_{\delta}}{X_{\delta}}\right)$
Угол места земной станции, если смотреть со спутника (градусы)	El	0,794787166	$\text{asin}\left(\frac{Z_{\delta}}{r}\right)$
Из маски п.п.м. выбрать величину п.п.м. для значений широты подспутниковой точки, Az и El , ближайших к рассчитанным выше значениям для спутника НГСО. Поскольку VLA спутника ГСО имеет очень большую ширину полосы пропускания, могут существовать несколько наборов масок с перекрывающимися частотами, причем все они должны быть включены.			
Частота 1: п.п.м. спутника НГСО при значениях углов азимута и места к земной станции	$pf\delta_1$	-140	Пример
Частота 2: п.п.м. спутника НГСО при значениях углов азимута и места к земной станции	$pf\delta_2$	-131	Пример
	...		
Частота n : п.п.м. спутника НГСО при значениях углов азимута и места к земной станции	$pf\delta_n$	-140	Пример
Рассчитать э.п.п.м. для наихудшего случая (дБ(Вт/(м ² · 40 кГц)))	$epfd_{40kHz}$	-212,025	$10 \log \left(10^{\left(\frac{pf\delta_1+G(X)-G_{max}}{10}\right)} + 10^{\left(\frac{pf\delta_2+G(X)-G_{max}}{10}\right)} + \dots + 10^{\left(\frac{pf\delta_n+G(X)-G_{max}}{10}\right)} \right)$
Рассчитать э.п.п.м. для наихудшего случая (дБ(Вт/(м ² · МГц)))	$epfd$	-198,045	$10 \log \left(10^{\left(\frac{pf\delta_1+G(X)-G_{max}}{10}\right)} + 10^{\left(\frac{pf\delta_2+G(X)-G_{max}}{10}\right)} + \dots + 10^{\left(\frac{pf\delta_n+G(X)-G_{max}}{10}\right)} \right)$
Пороговый уровень э.п.п.м. (дБ(Вт(м ² · 40кГц)))	$epfd$	-199,0	Из Приложения 5 к РР МСЭ
Пороговый уровень э.п.п.м. (дБ(Вт(м ² · МГц)))	$epfd$	-185,0	Из Приложения 5 к РР МСЭ
Пороговый уровень э.п.п.м. превышен?		НЕТ	



S.1714-Rev1_3Nov2
021.xlsm