

РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R S.1503-1

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

(2000-2005)

Сфера применения

В настоящей Рекомендации дается функциональное описание программных средств для использования Бюро радиосвязи МСЭ при рассмотрении заявлений систем НГСО ФСС на предмет их соответствия допустимым пределам, указанным в Регламенте радиосвязи.

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

- a) что ВКР-2000 приняла в Статье 22 Регламента радиосвязи (РР) предельные уровни единичной помехи, применимые для негеостационарных спутниковых (НГСО) систем фиксированной спутниковой службы (ФСС) в определенных полосах диапазона частот 10,7–30 ГГц для защиты сетей на геостационарной спутниковой орбите (ГСО), работающих в тех же полосах частот, от недопустимых помех;
- b) что в настоящее время эти полосы частот используются или планируются для широкого использования геостационарными спутниковыми системами (ГСО системами);
- c) что, согласно пп. 9.35 и 11.31, Бюро радиосвязи (БР) рассматривает системы НГСО ФСС в отношении их соответствия пределам э.п.п.м. единичной помехи, указанным в таблицах 22-1А, 22-1В, 22-1С, 22-1D, 22-1Е, 22-2 и 22-3 Статьи 22 РР;
- d) что для проведения регламентарного рассмотрения, о котором говорится в пункте c) раздела *учитывая*, БР необходимы программные средства, позволяющие вычислять уровни мощности, создаваемые такими системами, на основе конкретных характеристик каждой системы НГСО ФСС, представленной на рассмотрение Бюро для координации или заявления, в зависимости от ситуации;
- e) что системы ГСО ФСС и ГСО радиовещательной спутниковой службы (РСС) имеют различные характеристики и что для множества комбинаций антенных характеристик, уровней помех и значений вероятности потребуется проведение оценок помех;
- f) что проектировщикам спутниковых сетей (НГСО ФСС, ГСО ФСС и ГСО РСС) требуется знание основных принципов, согласно которым БР будет проводить такие проверки;
- g) что такие программные средства, возможно, уже разработаны или находятся в стадии разработки и могут быть предложены для БР,

рекомендует,

1 чтобы для разработки программных средств по вычислению уровней мощности, создаваемых системами НГСО ФСС, и по проверке соответствия этих уровней пределам, указанным в таблицах 22-1А, 22-1В, 22-1С, 22-1D, 22-1Е, 22-2 и 22-3 Статьи 22 РР, использовалось функциональное описание, представленное в Приложении 1;

2 чтобы БР при оценке вариантов программного обеспечения, предложенных администрациями, рассматривало в качестве основы информацию в части Н Приложения 1.

Приложение 1

СОДЕРЖАНИЕ

	<i>Стр.</i>
Часть А – Основные ограничения и допущения	2
Часть В – Параметры НГСО системы	16
Часть С – Расчет масок п.п.м./э.и.и.м.	43
Часть С' – Местоположение ГСО сети с максимальной э.п.п.м.	54
Часть D – Программное обеспечение для рассмотрения заявок на регистрацию НГСО систем	67
Часть E – Проверка надежности выходных данных программного обеспечения	113
Часть F – Операционная среда для программного обеспечения.....	115
Часть G – Разработка программного обеспечения и техническое обслуживание	115
Часть H – Процедуры для оценки вариантов программного обеспечения.....	116

Функциональное описание программного обеспечения для использования БР при проверке соответствия систем НГСО ФСС предельным уровням э.п.п.м.

ЧАСТЬ А

Основные ограничения и допущения

1 Общие положения

1.1 Структура программного обеспечения

1.1.1 Цель

Программно-реализованный алгоритм, описанный в данном Приложении, предназначен для применения БР при проведении рассмотрения заявлений систем НГСО ФСС на предмет их соответствия пределам, указанным в таблицах 22-1А, 22-1В, 22-1С, 22-1D, 22-1Е, 22-2 и 22-3 Статьи 22 РР.

1.1.2 Блок-схема программного обеспечения

Блок-схема программно-реализованного алгоритма, описанного в данном Приложении, показана на рисунке 1. Она состоит из двух секций: секции исходных данных и секции расчетов. Секция исходных данных содержит полный набор параметров, относящихся к заявленной НГСО системе, набор эталонных параметров ГСО системы, а также предельные уровни э.п.п.м.

Секция расчетов предназначена для оценок, необходимых при рассмотрении соответствия заявленных НГСО систем предельным уровням э.п.п.м. Секция расчетов основана на концепции маски плотности потока мощности (п.п.м.) на линии вниз (см. Примечание 1), маски эффективной изотропной излучаемой мощности (э.и.и.м.) на линии вверх (см. Примечание 2) и маски межспутниковой э.и.и.м. (см. Примечание 3).

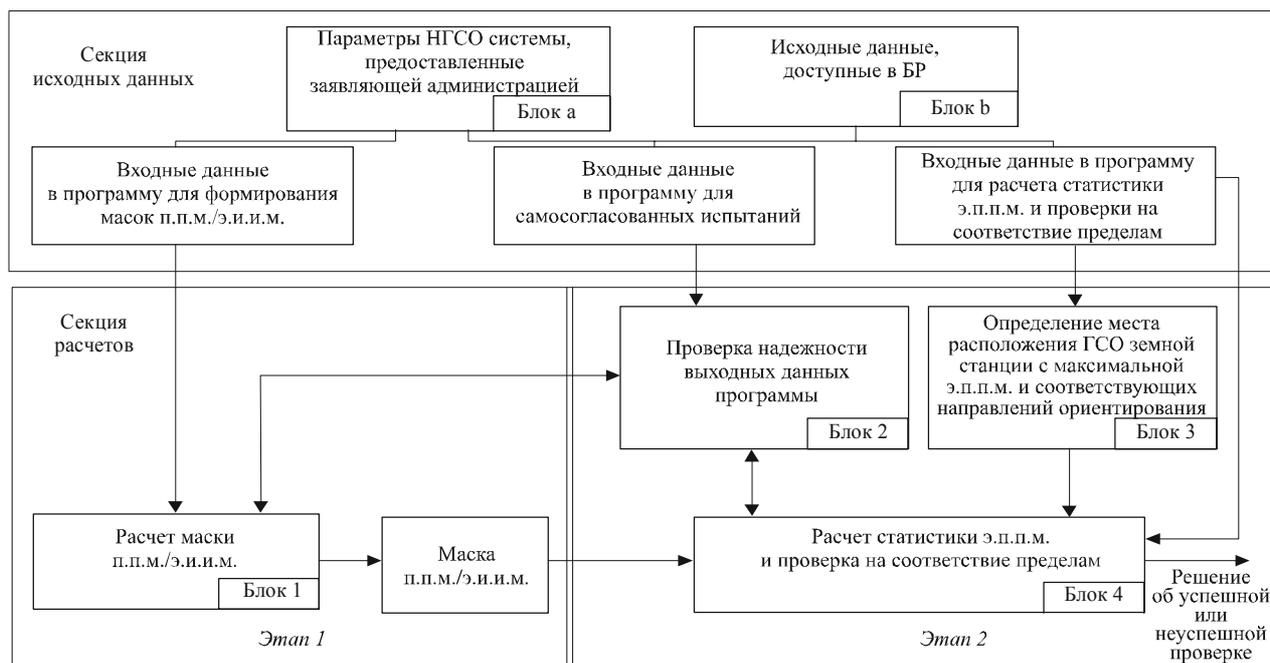
ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Маска п.п.м. – это максимальная п.п.м., создаваемая НГСО космической станцией, и определяется она в части С.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Маска э.и.и.м. – это максимальная э.и.и.м., излучаемая НГСО земной станцией; она является функцией внеосевого угла для главного луча передающей антенны.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Маска межспутниковой э.и.и.м. – это максимальная э.и.и.м., излучаемая НГСО космической станцией; она является функцией внеосевого угла для опорного направления НГСО космической станции.

Маска п.п.м./э.п.п.м. вычисляется в блоке 1 на основе заявленных параметров НГСО системы, взятых из секции исходных данных. В блоке 4 производится проверка суммарной помехи, создаваемой станциями НГСО сети, на предмет соответствия предельным уровням э.п.п.м. Указанная проверка в блоке 4 осуществляется на основе характеристик группировки НГСО системы из секции исходных данных, маски п.п.м./э.и.и.м. из блока 1 и выходных данных из блока 3. Выходные данные проверяются на достоверность в блоке 2.

РИСУНОК 1



1503-01

1.1.3 Распределение ответственности между администрациями и БР в отношении использования программного обеспечения

Учитывая значительную сложность, связанную с конкретными особенностями отображения различных конфигураций НГСО системы в программном обеспечении, целесообразно, по-видимому, возложить определенное бремя ответственности, относящейся к проверке предельных уровней э.п.п.м., на администрации, заявляющие соответствующие НГСО системы. Поэтому процедура рассмотрения на предмет выполнения пределов э.п.п.м. будет состоять из двух этапов. Первый этап включает разработку программного обеспечения (блок 1) и проведение всех расчетов

администрациями, заявляющими НГСО системы. Этот этап включает также расчет маски для п.п.м./э.и.и.м., создаваемой мешающими НГСО станциями сети. Данная маска учитывает все особенности схем расположения конкретных НГСО систем. Первый этап завершается передачей в БР маски п.п.м./э.и.и.м. в аналитическом или документальном форматах. Кроме того, заявляющая администрация предоставляет БР программное обеспечение, используемое в блоке 1 для расчета маски п.п.м./э.и.и.м., полное описание программного обеспечения и параметров из блока а, а также любую дополнительную информацию, которая полезна для регенерации маски п.п.м./э.и.и.м. Указанная информация должна быть доступна и другим администрациям.

Расчеты на втором этапе осуществляются в БР. Второй этап включает следующие операции:

- Определение геометрии расположения космической станции ГСО сети и земной станции этой сети для максимального уровня э.п.п.м. (блок 3). При этом обеспечивается проверка возможности совместного использования полос частот заявленной НГСО сетью и любой ГСО сетью в рамках ФСС и РСС.
- Расчет статистики э.п.п.м. (блок 4).
- Проверка выходных данных программного обеспечения на достоверность (блок 2).
- Принятие решения о соответствии помех надлежшим предельным уровням э.п.п.м. (блок 4).

Расчеты основываются на параметрах НГСО системы (блок а), предоставленных заявляющей администрацией, и исходных данных (блок б), имеющихся в БР.

Любая администрация может применять программное обеспечение, в котором используются алгоритмы, определенные в этом Приложении, наряду с данными о НГСО сетях для расчета статистики помех в ее собственных ГСО сетях и для проверки соответствия помех предельным уровням э.п.п.м. Это поможет разрешению возможных разногласий между БР и заинтересованными администрациями.

Далее приводится подробное описание элементов рассматриваемой блок-схемы программного обеспечения. В указанных ниже частях настоящего документа рассматриваются следующие вопросы:

- Часть А – Представлены основные ограничения и главные требования системы к программному обеспечению в целом.
- Часть В – Обсуждаются параметры НГСО сетей и исходные данные для блоков а и б.
- Часть С – Представлены определения и алгоритмы расчетов для масок п.п.м./э.и.и.м., относящихся к земным и космическим станциям НГСО сети. Обсуждаются также особенности масок, применяющихся при моделировании (блок 1).
- Часть С' – В этой части рассматриваются процедуры по определению местоположения станций ГСО сети с максимальным уровнем э.п.п.м.
- Часть D – В этой части рассматриваются общие требования к программному обеспечению, касающиеся изучения заявлений НГСО сетей, алгоритмов для расчета статистики э.п.п.м., а также формат для представления выходных данных. Часть D охватывает вопросы блоков 3 и 4.
- Части Е, Н – В этих частях определяются требования к программному обеспечению, относящиеся к оценке полученного программного обеспечения, и к проверке выходных данных программного обеспечения на достоверность (блок 2).
- Части F, G – Описываются документация на программное обеспечение и дополнительные данные, требования к операционной среде и интерфейсу и прочие вопросы.

1.2 Единицы измерения

Чтобы обеспечить адекватные результаты моделирования и избежать ошибок, в таблице 1 для описания программного обеспечения используется общая система единиц измерения. Перечень единиц измерения для основных физических параметров приведен в таблице 1.

ТАБЛИЦА 1

Система единиц измерения для основных физических параметров, используемых для описания характеристик программного обеспечения

Параметр	Единицы измерения
Расстояние	км
Угол	градусы
Время	с
Линейная скорость вращения	км/с
Угловая скорость вращения	градусы/с
Частота	Гц
Ширина полосы частот	кГц
Мощность	дБВт
Спектральная плотность мощности	дБ(Вт/Гц)
п.п.м.	дБ(Вт/(м ² · ВW _{ref}))
Среднее число НГСО земных станций на совпадающей частоте в единичной зоне	1/км ²
э.п.п.м. _↓ , э.п.п.м. _↑ или э.п.п.м. _{МС}	дБ(Вт/ВW _{ref})
Усиление антенны	дБи
Географическое положение на поверхности Земли	градусы

1.3 Константы

В функциональном описании программного обеспечения для рассмотрения заявлений НГСО сетей в БР используются следующие константы (константы, относящиеся к Земле).

ТАБЛИЦА 2

Константы, относящиеся к Земле

Параметр	Обозначение	Численное значение	Единицы измерения
Радиус Земли	R_e	6378,145	км
Радиус геостационарной орбиты	R_{geo}	42 164,2	км
Гравитационная постоянная	μ	$3,986012 \times 10^5$	км ³ /с ²
Скорость света	c	$2,99792458 \times 10^5$	км/с
Угловая скорость вращения Земли	ω_e	$4,1780745823 \times 10^{-3}$	градусы/с
Период вращения Земли	T_e	86 164,09054	с
Коэффициент несферичности Земли	J_α	$2,634 \times 10^{10}$	км ⁵ /с

1.4 Модель Земли

Основным фактором, определяющим движение спутника на орбите, является сила притяжения Земли. Дополнительные факторы включают:

- изменения орбиты из-за несферичности Земли (сплюснутости у полюсов) и неравномерностей распределения ее массы;
- солнечное и лунное притяжение;
- сопротивление среды для спутника;

– давление, вызванное излучением Солнца и т. д.

В функциональном описании программного обеспечения в данном Приложении рассматриваются возмущения орбиты, обусловленные только несферичностью Земли. Это объясняется тем, что влияние других возмущающих факторов существенно меньше. Несферичность Земли служит причиной вековых и периодических возмущений долготы восходящего узла и аргумента перигея орбиты. В части D описываются выражения для учета влияния несферичности Земли.

Орбиты некоторых повторяющихся проекций движения спутника на поверхность Земли могут быть весьма чувствительны к точности используемой модели орбиты. Администрации могут также предоставить БР их собственные, независимо определяемые средние скорости прецессии, которые могут использоваться в программном обеспечении вместо значений, вычисленных с помощью уравнения в части D.

2 Требования системы

В данном Приложении описываются два подхода: аналитический метод и временное моделирование. Во временном моделировании уровни помех оцениваются в каждом временном шаге, а в аналитическом методе уровни помех оцениваются в приращениях местоположения (долгота и широта) эталонного спутника НГСО сети. В § 2.1 и 2.2 части А рассматриваются вопросы выбора временных шагов и общего числа таких временных шагов, которые следует использовать при подходе с применением временного моделирования. В § 2.3 части А обсуждается выбор приращений долготы и широты, которые следует использовать при подходе с применением аналитического метода.

2.1 Приращение времени и точность моделирования

Приращение времени при моделировании является одним из важнейших параметров для определения функции распределения помех от НГСО сети на основе системы моделирования. Точно установленное значение этого приращения должно гарантировать отсутствие случаев, когда кратковременные помехи высокого уровня, превышающие приемлемый уровень, пропускаются и не рассматриваются. Иначе результаты анализа моделирования будут неточными, а иногда и ошибочными. Уменьшение величины приращения времени при моделировании позволит увеличить точность полученных результатов, но в то же время приводит к возрастанию общего числа таких приращений и объема требуемых расчетов.

Ниже приводится описание алгоритмов расчета приращений времени при моделировании линии вверх и линии вниз.

2.1.1 Описание процедуры для определения минимального приращения времени при моделировании линии вниз

Значение приращения времени при моделировании должно гарантировать сбор данных и описание большинства сценариев воздействия кратковременных помех с необходимой точностью. Кратковременные помехи высокого уровня создаются излучением НГСО космической станции, что представляет собой ситуацию расположения антенных диаграмм по линии (in-line) (НГСО спутник проходит через главный луч антенны ГСО земной станции). Поэтому один из методов определения приращения времени при моделировании Δt_{ref} может быть основан на обеспечении необходимого числа N_{hit} оценок п.п.м.↓ в течение временного интервала Δt , когда НГСО спутник проходит через главный луч антенны земной станции ГСО:

$$\Delta t_{ref} = \frac{\Delta t}{N_{hit}}. \quad (1)$$

Время, необходимое для прохождения НГСО спутника через главный луч антенны ГСО земной станции, зависит от взаимного расположения земной и космической станций ГСО сети, а также от параметров орбиты НГСО сети. Определение точного значения Δt , вообще говоря, затруднительно. Значение Δt должно рассчитываться в том месте, где время прохождения НГСО спутника через главный луч антенны ГСО земной станции является наименьшим. Поскольку это наблюдается в

случаях, когда ГСО земная станция расположена непосредственно под ГСО космической станцией, время прохождения Δt может определяться с помощью уравнений (2) и (3) (см. рисунок 2):

$$\Delta t = \frac{2\varphi}{\omega}, \quad (2)$$

где:

$$\varphi = \frac{1}{2} \Phi_{3\text{дБ}} - \arcsin \left[\frac{R_e}{R_e + h} \sin \left(\frac{1}{2} \Phi_{3\text{дБ}} \right) \right]$$

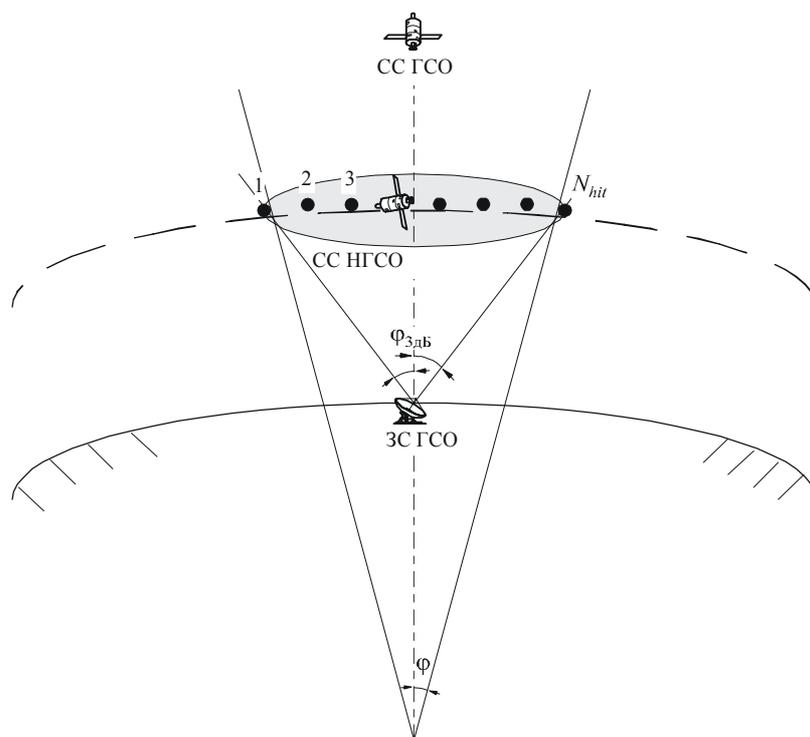
$$\omega = \sqrt{(\omega_s \cos(i) - \omega_e)^2 + (\omega_s \sin(i))^2} \quad (3)$$

$$\omega_s = \frac{0,071}{[(R_e + h)/R_e]^{1,5}}$$

- ω_s : угловая скорость вращения НГСО спутника вокруг Земли на минимальной рабочей высоте (градусы/с); для случая нескольких орбит должно быть выбрано наибольшее из этих значений ω_s ;
- ω_e : угловая скорость вращения Земли на экваторе (градусы/с);
- i : наклонение орбиты (градусы);
- $\Phi_{3\text{дБ}}$: ширина луча антенны ГСО земной станции на уровне 3 дБ (градусы);
- R_e : радиус Земли (км);
- h : высота орбиты (км) (см. Примечание 1).

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – В случае, когда в группировке имеются несколько значений h для различных подгруппировок или плоскостей, должно использоваться наименьшее значение. В случае эллиптических орбит должна использоваться минимальная рабочая высота.

РИСУНОК 2



СС: спутниковая станция
ЗС: земная станция

Величина N_{hit} определяет точность моделирования. Чем больше величина N_{hit} , тем выше точность окончательных результатов.

Выбор величины N_{hit} может основываться на Рекомендации МСЭ-R S.1325, в которой предлагается использовать величину N_{hit} , равную 5 или более. В случае, когда группировка спутников НГСО сети состоит из спутников с различными параметрами орбиты, необходимо определить приращение времени при моделировании для каждого типа рассматриваемых орбит и выбрать минимальное приращение.

ТАБЛИЦА 3
Входные данные

Параметр	Обозначение	Единицы измерения
Наклонение орбиты	i	градусы
Высота орбиты или минимальная рабочая высота для эллиптических орбит	h	км
Ширина луча антенны ГСО земной станции на уровне 3 дБ	$\varphi_{3дБ}$	градусы
Количество требуемых расчетов э.п.п.м.↓ в течение времени прохождения НГСО спутника через главный луч антенны ГСО земной станции	N_{hit}	–

2.1.2 Алгоритм определения приращения времени при моделировании линии вниз

Алгоритм расчетов:

Шаг 1: Введите данные, перечисленные в таблице 3.

Шаг 2: Для спутников с различными значениями высоты и наклонения – рассчитайте приращения времени для моделирования по уравнениям (1) и (2).

Шаг 3: Выберите приращение времени при моделировании.

2.1.3 Описание процедуры определения минимального приращения времени при моделировании линии вверх

Кратковременные помехи высокого уровня на линии вверх создаются излучениями от НГСО земной станции во время события появления помех "по линии" (in-line) (когда ГСО спутниковая станция будет находиться в главном луче антенны НГСО земной станции). Требуемое число N_{hit} измерений э.п.п.м.↑ должно выполняться в период нахождения ГСО спутника в главном луче антенны НГСО земной станции для обеспечения сбора данных и определения события помех "по линии". Если бы НГСО земная станция находилась непосредственно под ГСО спутником (см. рисунок 3), то тогда значение минимального приращения времени при моделировании можно было бы рассчитать с использованием уравнений (1) и (2). В этом случае следовало бы использовать ширину главного луча антенны НГСО земной станции вместо ширины главного луча антенны ГСО земной станции.

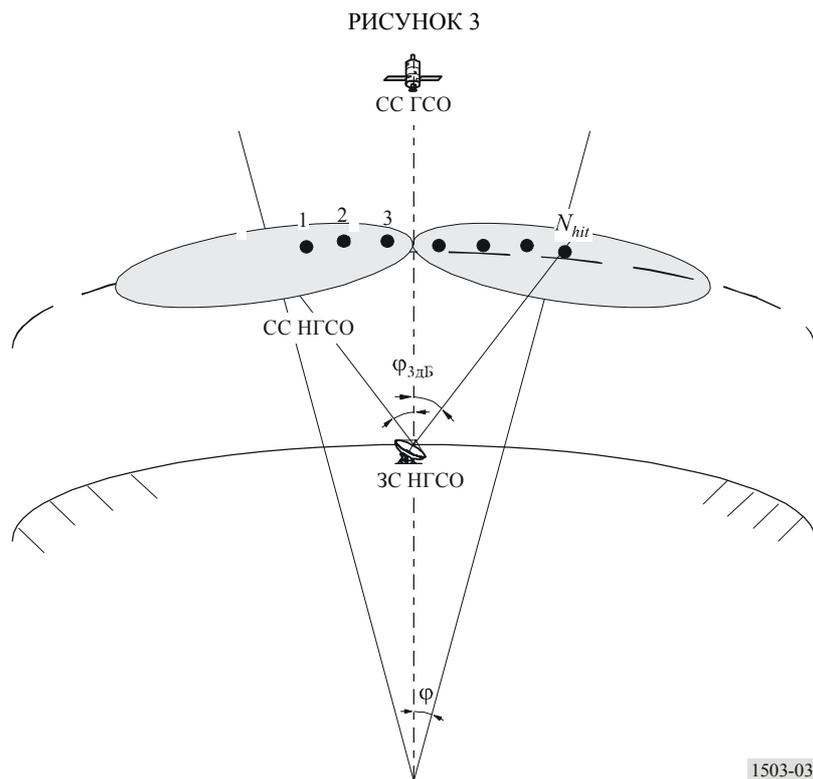


ТАБЛИЦА 4
Входные данные

Параметр	Обозначение	Единицы измерения
Наклонение орбиты	i	градусы
Высота орбиты	h	км
Ширина луча антенны НГСО земной станции на уровне 3 дБ	$\varphi_{3дБ}$	градусы
Количество необходимых расчетов э.п.м.↑ в течение времени прохождения ГСО спутника через главный луч антенны НГСО земной станции	N_{hit}	–

2.1.4 Алгоритм определения приращения времени при моделировании линии вверх

Алгоритм расчетов:

Шаг 1: Введите данные, перечисленные в таблице 4.

Шаг 2: Для спутников с различными значениями высоты и наклонения – рассчитайте приращения времени при моделировании по уравнениям (1) и (2).

Шаг 3: Выберите приращение времени при моделировании.

2.1.5 Описание процедуры определения минимального приращения времени при моделировании межспутниковой линии

Размер временного шага для расчетов э.п.п.м._{мс} определяется с учетом того, что должно быть по крайней мере N_{hit} временных шагов, в течение которых НГСО спутник находится в пределах главного луча антенны ГСО спутника. При условии, что наименьший размер временного шага соответствует случаю, когда луч на ГСО спутнике направлен как можно дальше от подспутниковой точки, и предполагая что:

R_e : радиус Земли;

h : высота НГСО орбиты;

R_{geo} : радиус геостационарной орбиты;

$\Phi_{злб}$: ширина луча ГСО спутника по половинной мощности.

Затем временной шаг можно рассчитать с использованием следующего алгоритма (см. рисунок 4):

Вычислите:

$$\begin{aligned}\theta_1 &= \arcsin\left(\frac{R_e}{R_{geo}}\right) \\ \theta_2 &= 180 - \arcsin\left(\sin(\theta_1) \frac{R_{geo}}{R_e + h}\right) \\ \theta_3 &= 180 - (\theta_1 + \theta_2) \\ D_1 &= (R_e + h) \frac{\sin \theta_3}{\sin \theta_1} \\ D_2 &= 2D_1 \sin\left(\frac{\Phi_{злб}}{2}\right) \\ D_3 &= D_2 \cos(180 - \theta_2).\end{aligned}$$

Затем вычислите значение:

$$\varphi = 2 \arctan\left[\frac{D_3/2}{(R_e + h) - (D_2/2) \sin(180 - \theta_2)}\right], \quad (4)$$

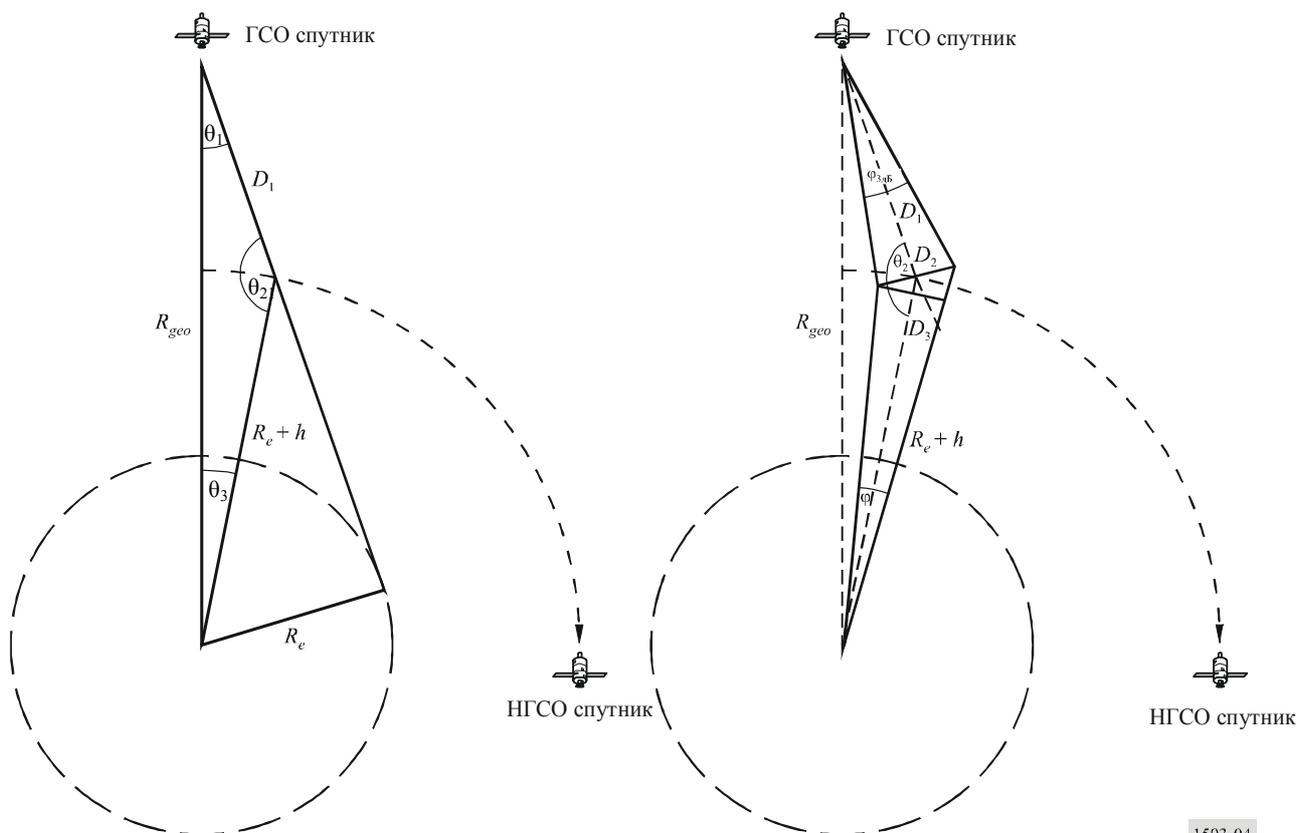
которое может использоваться в уравнении (2) для расчета применяемого размера временного шага.

2.2 Общее время выполнения программы моделирования

В этом разделе описывается расчет числа временных шагов для алгоритмов э.п.п.м._↓ и э.п.п.м._↑, указанных в части D. Основной подход заключается в отдельном рассмотрении группировок с повторяющимися и неповторяющимися проекциями движения спутников на земле, когда системы, использующие повторяющиеся и неповторяющиеся траектории на земле, применяют систему удержания станций на орбите, для того чтобы движение спутника соответствовало одному "следу" на земле. Например, в случае орбиты с периодом 6 ч будут иметь место небольшие погрешности при запуске, а также орбитальные возмущения, что приведет к смещению орбиты, если не будет оперативно использована система удержания станций на орбите для обеспечения повторений траектории. Поэтому администрации должны указывать БР, используется ли система удержания станции на орбите для сохранения одной и той же траектории.

РИСУНОК 4

Геометрические параметры, включенные в уравнения



1503-04

Некоторые группировки имеют различные значения наклона, высоты или эксцентриситета между плоскостями. В этом случае предполагается, что для сохранения зоны покрытия группировка проектируется таким образом, чтобы разнос между плоскостями существенно не менялся. Для случая повторяющихся проекций движения спутника на земле это означает, что для группировки будет один период повторения. Для всех спутников в составе группировки данный период соответствует времени их возвращения в ту же позицию относительно Земли, причем для каждого спутника – в пределах ограничений системы удержания станции на орбите. Для случая неповторяющихся проекций движения спутника на земле будет иметь место один период для всех плоскостей орбиты при движении вокруг экватора.

Этот подход должен использоваться для группировок с круговыми и эллиптическими орбитами.

В таблице 5 показаны входные параметры, используемые для всех типов группировок.

ТАБЛИЦА 5
Входные данные

Параметр	Обозначение	Единицы измерения
Повторения движения группировки	да/нет	Тип
Минимальное число выборок, используемых для получения статистической значимости	$N_S = 10$	–

В обоих случаях временной шаг может быть вычислен с использованием описанного выше метода. Число временных шагов должно равняться по крайней мере:

$$N_{min} = N_s \times 100 / (100 - (\text{максимум \% в таблицах Статьи 22 РР, меньший, чем 100\%})).$$

Так, например, для случая 99,999% число шагов составит:

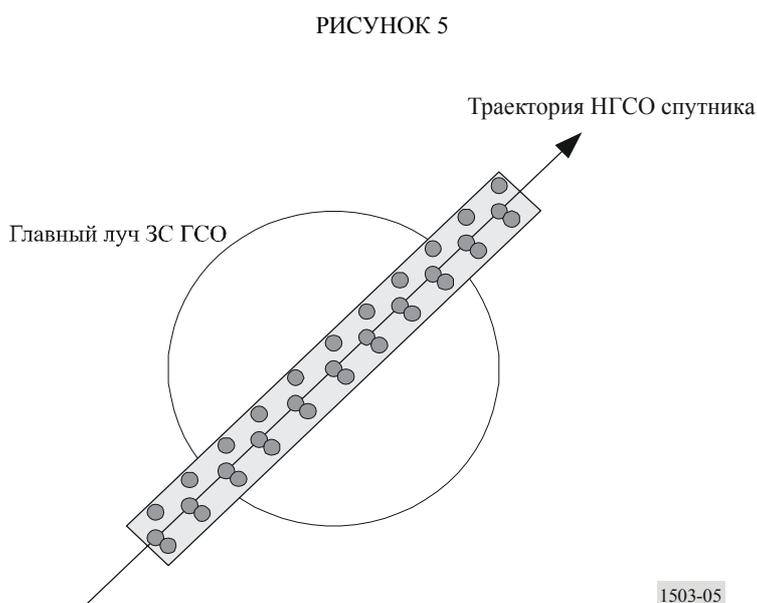
$$N_{min} = 1\,000\,000.$$

2.2.1 Повторяющиеся орбиты

Для орбит, указываемых как повторяющиеся, расчетчик орбит должен быть точен в своих вычислениях для обеспечения повторяемости орбит. Таким образом, администрации могут указывать расчетчику орбит точечной массы точную скорость прецессии долготы, что обеспечивает повторяемость орбит. Определение и использование этого параметра рассматривается в части D.

С использованием этого параметра моделированная орбита будет повторяться, но в действительности будет иметь место незначительное смещение из-за долготных погрешностей системы удержания станции на орбите. Это явление моделируется такими механизмами, как случайная выборка или линейное смещение на орбите, обсуждаемыми в части D.

Ожидается, что изменения точности удержания станции в пределах орбитальной плоскости не будут оказывать никакого влияния и поэтому не учитываются. Результат должен быть аналогичен изображению на рисунке 5:



Из рисунка 5 можно видеть, что результатом будет серия выборок в пределах главного луча ГСО земной станции, которая достаточна для разрешения главного луча, учитывает отклонения системы удержания станций на орбите и образует достаточное число выборок для создания необходимой статистики.

ТАБЛИЦА 6

Входные данные

Параметр	Обозначение	Единицы измерения
Период повторения группировки	P_{repeat}	с

Задаемся следующими параметрами:

- N_{min} : минимальное число временных шагов, требуемое для обеспечения статистической значимости;
- P_{repeat} : период повторения группировки (с);
- T_{step} : временной шаг (с);
- N_{tracks} : число траекторий, проходящих через главный луч, = 5, как указано в Рекомендации МСЭ-R S.1325.

Для этого случая временной шаг не должен точно делить период повторения группировки. Если:

$$N_{repsteps} = P_{repeat} / T_{step}$$

является целым числом, то тогда вычислите пересмотренный временной шаг, равный:

$$T'_{step} = T_{step} (1 + N_{repsteps}) / N_{repsteps}.$$

Рассчитайте период времени, требуемый для получения минимального числа временных шагов с целью обеспечения статистической значимости:

$$T_{sig} = N_{min} \cdot T_{step}.$$

Это соответствует следующему числу повторений группировки:

$$N_{rep} = \text{округление } (T_{sig} / P_{repeat}) \text{ до ближайшего большего целого числа.}$$

Число повторений группировки является наибольшим из чисел N_{rep} и N_{tracks} , то есть

$$N_{run} = \max(N_{rep}, N_{tracks}).$$

Тогда общее время выполнения программы составит:

$$T_{run} = N_{run} \cdot P_{repeat}.$$

Таким образом, число временных шагов будет равно:

$$N_{steps} = \text{округление } (T_{run} / T_{step}) \text{ до ближайшего меньшего целого числа.}$$

2.2.2 Неповторяющиеся орбиты

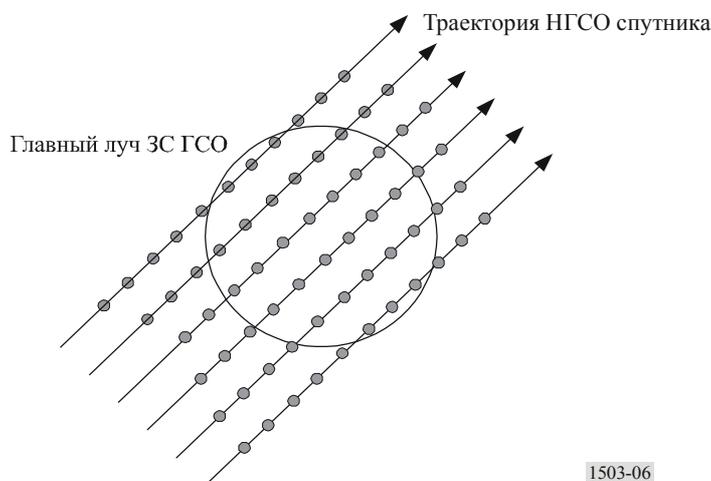
В этом случае должен быть рассмотрен разнос по долготе между последовательными проходами восходящего узла, с тем чтобы имелось достаточное число траекторий в пределах главного луча. Информация о размере временного шага и числе временных шагов может использоваться для определения того, как долго отдельная орбита будет обрабатываться в рамках выполнения программы. Те же самые числа могут использоваться для определения требуемого числа временных шагов для смещения орбиты вокруг экватора. Период орбиты может затем использоваться для определения разности между траекториями.

Константа, указывающая необходимое число точек в пределах главного луча, может использоваться для установления числа траекторий через рассматриваемый главный луч (то есть $N_{track} = N_{hits}$). Если интервал между траекториями слишком велик или слишком точно определен (что является результатом либо недостаточного числа выборок, либо чрезмерно большого времени выполнения программы), то тогда можно использовать искусственно установленную прецессию.

Ожидается, что отклонения системы удержания станций на орбите должны аннулироваться в долгосрочном плане и поэтому не потребуются для данных расчетов.

Результат должен быть аналогичен изображению на рисунке 6:

РИСУНОК 6



Из рисунка 6 можно видеть, что результатом будет серия траекторий в пределах главного луча ГСО земной станции, которая достаточна для разрешения главного луча и образует достаточное число выборок для создания необходимой статистики.

ТАБЛИЦА 7

Входные данные

Параметр	Обозначение	Единицы измерения
Наклонение орбиты	i	градусы
Главная полуось орбиты	a	км
Ширина луча антенны ГСО земной станции по уровню 3 дБ ⁽¹⁾	$\Phi_{3дБ}$	градусы
Требуемое число траекторий НГСО спутника, проходящих через главный луч антенны НГСО земной станции	N_{tracks}	–

⁽¹⁾ В случае вычисления продолжительности прогона программы для э.п.п.м.↓. В случае э.п.п.м.мс и э.п.п.м.↑:

э.п.п.м.↑: рассчитайте значение ϕ , используя ширину луча НГСО земной станции, указанную в ее маске э.и.и.м., при вычислениях по уравнению (3);

э.п.п.м.мс: рассчитайте значение ϕ , используя ширину луча ГСО спутника при вычислениях по уравнению (4).

Необходимо определить два параметра:

S_{pass} : разнос по долготе между последовательными проходами восходящего узла через экваториальную плоскость

S_{req} : требуемое определение числа проходов через экваториальную плоскость, основанное на размере луча ГСО земной станции.

Эти параметры вычисляются с использованием следующих шагов:

Шаг 1: Рассчитайте скорость регрессии узла НГСО орбиты, Ω_r , используя следующее уравнение:

$$\Omega_r = -6,91951 \times 10^{-3} \times (R_e/a)^{3,5} \cos(i) \quad \text{градусы/мин.},$$

где:

i : наклонение орбиты (градусы).

Шаг 2: Рассчитайте период Кеплера спутника, P_k , предполагая круговую орбиту и отсутствие орбитальных возмущений:

$$P_k = 84,48905 (a/R_e)^{1,5} \quad \text{мин.}$$

Преобразуйте этот период в секунды для получения:

$$T_{period} = P_k \cdot 60.$$

Шаг 3: Рассчитайте период движения узла спутника, P_n , с учетом несферичности Земли:

$$P_n = P_k \{1 - [0,75 \cdot J_2 (6 - 5 (\sin i)^2) \cdot (R_e/a)^2]\} \quad \text{мин.},$$

где J_2 – член, учитывающий несферичность Земли первого порядка = 0,001082636 (безразмерная величина).

Шаг 4: Рассчитайте разнос по долготе между последовательными проходами восходящего узла через экваториальную плоскость, S , при скорости вращения Земли ($\Omega_e = 0,250684$ градусов/мин.):

$$S_{pass} = (\Omega_e - \Omega_r) P_n \quad \text{градусы.}$$

Указанные выше уравнения применяются к круговым орбитам. Для систем с эллиптической орбитой, расчеты для которых существенно отличаются от вышеприведенных, значение S_{pass} должно предоставляться администрацией.

Шаг 5: Значение S_{req} может быть вычислено на основании ширины луча и высоты ГСО земной станции с использованием уравнения (3):

$$S_{req} = \frac{2\phi}{N_{tracks}}.$$

Шаг 6: Рассчитайте число орбит для полного заполнения пространства вокруг экватора, учитывая, что каждая плоскость имеет восходящий и нисходящий узлы:

$$N_{orbits} = \frac{180}{S_{req}}.$$

Шаг 7: Округлите число N_{orbits} до следующего большего целого числа.

Шаг 8: Рассчитайте общий угол кругового вращения по орбите в течение этого времени:

$$S_{total} = N_{orbits} \cdot S_{pass}.$$

Шаг 9: Рассчитайте число, кратное 360° , которое соответствует этому общему углу, округлив его до ближайшего большего целого числа:

$$N_{360} = 1 + S_{total} \text{ mod } 360.$$

Шаг 10: Рассчитайте разнос между плоскостями, которому соответствует полученное выше число:

$$S_{actual} = \frac{360N_{360}}{N_{orbits}}.$$

Шаг 11: Для обеспечения смещений орбиты с требуемой скоростью прецессии должна быть включена следующая дополнительная искусственная (artificial) прецессия:

$$S_{artificial} = S_{actual} - S_{pass} \quad \text{градусы/орбита}$$

или:

$$D_{artificial} = \frac{S_{artificial}}{T_{period}} \quad \text{градусы/с.}$$

Шаг 12: В части D приведена дополнительная информация о том, каким образом используется этот параметр. Общее время прогона программы при этом соответствует времени прохождения вокруг экватора, а именно:

$$T_{run} = T_{period} \cdot N_{orbits}$$

Шаг 13: В этом случае общее число временных шагов составляет:

$$N_{steps} = \text{округление } (T_{run}/T_{step}) \text{ до ближайшего меньшего целого числа.}$$

2.3 Приращения по долготе и широте для использования в подходе с применением аналитического метода

В подходе с применением аналитического метода (см. § 6 части D) расположение (по долготе и широте) эталонного спутника НГСО сети меняется для некоторых установленных приращений, охватывая диапазон всех возможных значений долготы и широты. Эти приращения по долготе и широте играют роль, аналогичную роли временных шагов в подходе с применением временного моделирования, и должны выбираться для обеспечения точных результатов. Выбор этих параметров должен осуществляться в соответствии с принципами, указанными в § 6.3 и 6.4 части D.

ЧАСТЬ В

Параметры НГСО системы

1 Введение

1.1 Общие предпосылки

Определенные параметры для НГСО сети и другие данные должны указываться с целью выполнения необходимых функций программного обеспечения:

- *Функция 1:* Расчет масок п.п.м. для НГСО спутников (линия вниз) и маску э.и.и.м. для передачи с земных станций на эти спутники (линия вверх).
- *Функция 2:* Использование маски э.и.и.м. при расчете уровней э.п.п.м.↑ на линии вверх и уровней э.п.п.м.↓ на линии вниз (кумулятивные временные распределения э.п.п.м.↑ или э.п.п.м.↓).
- *Функция 3:* Определение (только в случае разногласий) соответствия уровней маски п.п.м./э.и.и.м. основным параметрам передачи НГСО сети.

Роли администрации НГСО сети и БР обсуждаются в § 2.1 части А. Первая из вышеуказанных функций (функция 1) выполняется администрацией НГСО сети, а параметры, используемые для этой функции, предоставляются в БР для подтверждения масок п.п.м. в качестве помощи БР в выполнении функции 3. Подробные параметры необходимы БР в поддержку функции 2.

1.2 Сфера рассмотрения и обзор

В четырех основных параграфах этого раздела определяются входные данные для программного обеспечения. В параграфе 2 части В определяются все входные данные для облегчения составления баз данных БР. В параграфах 3–5 части В описываются входные данные с точки зрения их использования в рамках трех функциональных элементов программного обеспечения: функция 1 – расчет масок п.п.м. (§ 3 части В); функция 2 – сравнение уровней э.п.п.м. с предельными уровнями (§ 4 части В); и функция 3 – проверка предоставленных параметров на самосогласованность (§ 5 части В).

Следует отметить, что в приведенных ниже таблицах квадратные скобки в переменных величинах являются указателем, что это переменная величина, а не предварительный текст.

1.3 Перекрестные ссылки на соответствующие части Приложения

В нижеследующей таблице указываются соответствующие части данного Приложения, где обычно применяются входные параметры и параметры базы данных. Более подробные перекрестные ссылки на конкретные параметры приведены в § 2 части В.

Функция программного обеспечения	Соответствующие части данного Приложения, где применяются входные параметры
Функция 1 – Расчет масок п.п.м./э.и.и.м.	§ 1–4, часть С
Функция 2 – Расчет кумулятивных временных распределений э.п.п.м.↑ или э.п.п.м.↓	§ 1–6, часть D
Функция 3 – Испытания	Часть E

2 Общие параметры базы данных БР

2.1 Параметры, предоставляемые администрацией НГСО системы

В Приложении 1 к части В приводится подробная информация о параметрах любой группировки НГСО ФСС по Приложению 4 РР, которые должны предоставляться в БР администрациями для обработки запросов координации или заявлений.

2.2 Предоставляемые БР входные данные и параметры базы данных

S_B § 2.5, 3.4.5 и 4.1.4.5, часть D	Двоичный размер для квантования статистики э.п.п.м. (0,1 дБ)
REGION1_UP § 4.1.1, часть D	Применимость для Района 1 (да или нет)
REGION1_DOWN § 3.1, часть D	Применимость для Района 1 (да или нет)
REGION2_UP § 4.1.1, часть D	Применимость для Района 2 (да или нет)
REGION2_DOWN § 3.1, часть D	Применимость для Района 2 (да или нет)
REGION3_UP § 4.1.1, часть D	Применимость для Района 3 (да или нет)
REGION3_DOWN § 3.1, часть D	Применимость для Района 3 (да или нет)

REFBW § 3.1, часть D	Эталонная ширина полосы частот для расчетов э.п.п.м. (кГц)
NEPFD_DOWN § 3.1, часть D	Число точек э.п.п.м.↓
EPFD_DOWN_RR[I] § 3.1, часть D	Массив значений NEPFD_DOWN (дБ(Вт/м ²)) в эталонной полосе частот из Статьи 22 РР
DOWN_PC_RR[I] § 3.1, часть D	Массив процентов (%) NEPFD_DOWN из Статьи 22 РР

RAFBW § 4.1.1, часть D	Эталонная ширина полосы частот для расчетов э.п.п.м. \uparrow (кГц)
NEPFD_UP § 4.1.1, часть D	Число точек э.п.п.м. \uparrow
EPFD_UP_RR[I] § 4.1.1, часть D	Массив значений NEPFD_UP (дБ(Вт/м ²)) в эталонной полосе частот из Статьи 22 PP
UP_PC_RR[I] § 4.1.1, часть D	Массив процентов (%) NEPFD_UP из Статьи 22 PP

F_DOWN _{sat} § 3.4.2, часть D	Центральная частота передачи на линии вниз (ГГц)
Nfreq § 3.4.2, часть D	Число частот/Районов
GSO_SEPARATION § 2.5, часть D	Разнос между испытательными точками ГСО спутника (1°)
GSO_LONG § 3.4.3 и 4.1.4.3, часть D	Долгота(ы) ГСО спутника (градусы)
GSO_ES_LAT § 3.4.3, часть D	Широта ГСО земной станции (градусы)
GSO_ES_LONG § 3.4.3, часть D	Долгота ГСО земной станции (градусы)
GSO_ES_PATTERN § 3.4.3, часть D	Эталонная диаграмма усиления ГСО земной станции из диаграмм, указанных в § 5.5 части D
GSO_ES_D_ANT § 3.1 и 3.4.3, часть D	Диаметр антенны земной станции

BS_LAT § 4.1.2 и 4.1.4.3, часть D	Широта точки нацеливания ГСО спутника
BS_LONG § 4.1.2 и 4.1.4.3, часть D	Долгота точки нацеливания ГСО спутника
ES_F § 4.1.4.2, часть D	Частота на линии вверх (ГГц)
GSO_SAT_PATTERN § 4.1.1 и 4.1.4.2, часть D	Диаграмма усиления эталонной антенны ГСО спутника и относящиеся к ней параметры, выбранные из данных § 5.5.2 части D
GSO_SAT_PEAKGAIN § 4.1.1, часть D	Максимальное усиление ГСО спутника
GSO_SAT_BEAMWIDTH § 4.1.1, часть D	Ширина луча ГСО спутника по половинной мощности

RIFBW § 4.2.1, часть D	Эталонная ширина полосы частот для расчетов э.п.п.м. _{MC} (кГц)
NEPFD_IS § 4.2.1, часть D	Число точек э.п.п.м. _{MC}
EPFD_IS[I] § 4.2.1, часть D	Массив значений NEPFD_IS (дБ(Вт/м ²)) в эталонной полосе частот
IS_PC[I] § 4.2.1, часть D	Массив процентов (%) NEPFD_IS

IS_F § 4.2.4.2, часть D	Частота для расчетов э.п.п.м. _{MC} (ГГц)
----------------------------	---

Только для аналитического метода:

PHISTERCG § 3.4.4, часть D	Шаг по долготе для крупной сетки (градусы)
THETASTERCG § 3.4.4, часть D	Шаг по широте для крупной сетки (градусы)
PHISTERPG § 3.4.4, часть D	Шаг по долготе для мелкой сетки (градусы)
THETASTERPG § 3.4.4, часть D	Шаг по широте для мелкой сетки (градусы)

3 Входные данные НГСО системы для программного обеспечения

Все данные, алгоритмы, испытательные точки и методики, используемые для формирования масок п.п.м., должны предоставляться в БР в архивных целях для подтверждения предоставленных масок п.п.м. в случае разногласий.

3.1 Параметры НГСО орбиты

N_{sat} § 3.4.2 и 4.1.4.2, часть D	Число НГСО спутников
N_{co} [широта] § 3.4.2, часть D	Максимальное число НГСО спутников, работающих на совпадающей частоте на широте lat
A[N] § 3.4.2 и 4.1.4.2, часть D	Большая полуось орбиты (км)
E[N] § 3.4.2 и 4.1.4.2, часть D	Эксцентриситет орбиты
I[N] § 3.4.2 и 4.1.4.2, часть D	Наклонение орбиты (градусы)
O[N] § 3.4.2 и 4.1.4.2, часть D	Долгота восходящего узла орбиты (градусы)
W[N] § 3.4.2 и 4.1.4.2, часть D	Аргумент перигея (градусы)
V[N] § 3.4.2 и 4.1.4.2, часть D	Истинная аномалия (градусы)
W_{delta} § 3.4.2 и 4.1.4.2, часть D	Диапазон удержания станции на орбите для восходящего узла
H_MIN § 3.4.2, часть D	Минимальная рабочая высота (км)
ORBIT_PRECESS § 3.4.4, 4.1.4.4 и 4.2.4.4, часть D	Скорость прецессии

3.2 Входные данные параметров РЧ НГСО

3.2.1 Земные станции

non_GSO_ES_PATTERN § 3.3, часть С	Диаграмма направленности НГСО земной станции
P § 3.4, часть С	Максимальная мощность на входе антенны НГСО земной станции в эталонной полосе частот (дБВт)
FSTART_UP § 4.1.1, часть D	Начало полосы частот на линии вверх (ГГц)
FEND_UP § 4.1.1, часть D	Конец полосы частот на линии вверх (ГГц)
REGION1_UP § 4.1.1, часть D	Применимо в Районе 1
REGION2_UP § 4.1.1, часть D	Применимо в Районе 2
REGION3_UP § 4.1.1, часть D	Применимо в Районе 3
ES_TRACK § 4.1.4.2, часть D	Максимальное число отслеживаемых НГСО спутников на совпадающей частоте
ES_EIRP § 4.1.4.2, часть D	Э.и.и.м. НГСО земной станции (дБВт) в эталонной полосе частот RARBW
ES_MINELEV § 4.1.4.2, часть D	Минимальный угол места НГСО земной станции, когда она работает на передачу (градусы)
ES_MIN_GCO § 4.1.4.2, часть D	Минимальный угол в направлении дуги ГСО (градусы)
ES_DENSITY § 4.1.4.2, часть D	Среднее число НГСО земных станций на совпадающей частоте с линией связи на ГСО (км ²)
ES_DISTANCE § 4.1.4.2, часть D	Среднее расстояние между ячейками или центрами зон обслуживания луча на совпадающей частоте с линией связи на ГСО (км)

3.2.2 Спутники

FSTART_DOWN § 3.1, часть D	Начало полосы частот на линии вниз (ГГц)
FEND_DOWN § 3.1, часть D	Конец полосы частот на линии вниз (ГГц)
REGION1_DOWN § 3.1, часть D	Применимо в Районе 1
REGION2_DOWN § 3.1, часть D	Применимо в Районе 2
REGION3_DOWN § 3.1, часть D	Применимо в Районе 3
P_i § 2.3.1, часть С	Максимальная мощность, излучаемая антенным лучом i (дБВт) НГСО спутника в эталонной полосе частот
G § 2.3.1, часть С	Усиление антенны НГСО спутника (дБи)
G_{cross} § 2.3.1, Часть С	Усиление антенны НГСО спутника для кроссполяризации (дБи)
N_{co} § 2.3.1, часть С	Максимальное число лучей на совпадающей частоте для совпадающей поляризации
N_{cross} § 2.3.1, часть С	Максимальное число лучей на совпадающей частоте для кроссполяризации
ANTENNA POINTING § 2.4.1 и 2.4.2, часть С	Описание метода ориентации антенн НГСО спутников (например, управляемые/фиксированные ячейки на Земле, фиксированные относительно направления движения спутника, фиксированные относительно линий долготы)

3.2.3 Расчеты э.п.п.м._{мс}

FSTART_IS § 4.2.1, часть D	Начало полосы частот, где применяется э.п.п.м. _{мс} (ГГц)
FEND_IS § 4.2.1, часть D	Конец полосы частот, где применяется э.п.п.м. _{мс} (ГГц)
REGION1_IS § 4.2.1, часть D	Применимо в Районе 1
REGION2_IS § 4.2.1, часть D	Применимо в Районе 2
REGION3_IS § 4.2.1, часть D	Применимо в Районе 3
non_GSO_SS_EIRP § 4.2.4.2, часть D	Э.и.и.м. НГСО космической станции (дБВт) в эталонной полосе частот RIFBW

3.3 Подробные данные о применяемом методе(ах) снижения помех

Описание используемого метода снижения помех, включая все аспекты, влияющие на расчеты масок п.п.м.

3.4 Пространственная эталонная система п.п.м.**3.4.1 Направление передачи по линии вверх**

Метод снижения помех, § 2.2 части С	Описание наблюдения зоны исключения по всей ширине ячейки или в центре ячейки НГСО системы (текст с определением методов снижения помех, используемых для направлений передачи по линиям вверх и линиям вниз) или иная информация
--	---

3.4.2 Направление передачи по линии вниз

Метод снижения помех, § 2.2 части С	Описание наблюдения зоны исключения по всей ширине ячейки или в центре ячейки НГСО системы (текст с определением методов снижения помех, используемых для направлений передачи по линиям вверх и линиям вниз) или иная информация
--	---

4 Входные данные для программного обеспечения с целью расчетов э.п.п.м._↑ и э.п.п.м._↓ и проверки соответствия предельным уровням**4.1 Входные данные параметров НГСО орбиты**

См. § 3.1 части В.

4.2 Маска п.п.м. НГСО спутника на линии вниз

MIN_EXCLUDE § 3.4.2, часть D	Угол зоны исключения
Вариант 1 pfd_mask (спутник, широта, α (или X), ΔL) § 2, часть C	Маска п.п.м. определяется: <ul style="list-style-type: none"> – НГСО спутником – широтой подспутниковой точки НГСО – углом разноса α между этой НГСО космической станцией и дугой ГСО, видимой из любой точки на поверхности Земли. Угол α является, следовательно, минимальным топоцентрическим углом, измеренным от этой конкретной земной станции между мешающей НГСО космической станцией и любой космической станцией дуги ГСО (или угол разноса X, представляющий собой угол между линией, проектируемой от дуги ГСО через НГСО космическую станцию к земле, и линией от НГСО космической станции до края луча НГСО) – разность ΔL по долготе между подспутниковой точкой НГСО станции и точкой на дуге ГСО, где угол α (или X) минимален
Вариант 2 pfd_mask (спутник, широта, Az , EI) § 2, часть C	Маска п.п.м. определяется: <ul style="list-style-type: none"> – НГСО спутником – широтой подспутниковой точки НГСО станции – азимутальным углом, определенным в § 5.4.3 части D – углом места, определенным в § 5.4.3 части D

4.3 Маска п.п.м. НГСО спутника на линии вверх

Метод снижения помех, § 2.2 части C	Описание наблюдения нерабочей зоны исключения по всей ширине ячейки или в центре ячейки НГСО системы (текст с определением методов снижения помех, используемых для направлений передачи по линиям вверх и линиям вниз) или иная информация
ES_EIRP[θ] § 3.1, часть C	Э.и.и.м. НГСО земной станции в функции внеосевого угла
ES_TRACK § 4.1.4.2, часть D	Максимальное число отслеживаемых НГСО спутников на совпадающей частоте
ES_MINELEV § 4.1.4.2, часть D	Минимальный угол места НГСО земной станции, когда она работает на передачу (градусы)
ES_MIN_GCO § 4.1.4.2, часть D	Минимальный угол в направлении дуги ГСО (градусы)
ES_DENSITY § 4.1.4.2, часть D	Среднее число НГСО земных станций (км ²)
ES_DISTANCE § 4.1.4.2, часть D	Среднее расстояние между ячейками или центрами зон обслуживания луча (км)

4.4 Испытательные точки для проверки соответствия уровней п.п.м.

4.4.1 Точки, определяемые заявляющей администрацией

Такие точки должны предоставляться администрацией в качестве наиболее критичных (максимальная э.п.п.м.) точек, создающих наибольшие помехи ГСО сетям. Кроме того, должна быть предоставлена методика, используемая для определения этих точек. Данная информация включает в себя места размещения ГСО спутников, точек наведения антенн ГСО спутников и ГСО земных станций.

4.4.2 Точки, определяемые БР при предварительной обработке

Такие точки должны определяться БР и должна указываться методика, используемая для определения этих точек.

5 Входные данные для программного обеспечения с целью испытания на самосогласованность

Данные, взятые из § 3 части В и Приложения 1 к части В.

**Приложение 1
к части В**

В этом Приложении 1 к части В представлен существующий формат базы данных Приложения 4 РР, включающий все необходимые параметры.

В таблице 8 приведена текущая информация из Приложения 4 РР (после ВКР-03) для НГСО спутниковых систем, включенная в базу данных системы космических сетей (SNS) БР. Взаимосвязь между таблицами базы данных показана на рисунке 7. Таблицы с информацией о масках и с данными о линиях связи не показаны на рисунке 7, но описываются в таблице 8.

РИСУНОК 7

Взаимосвязь между таблицей и базой данных

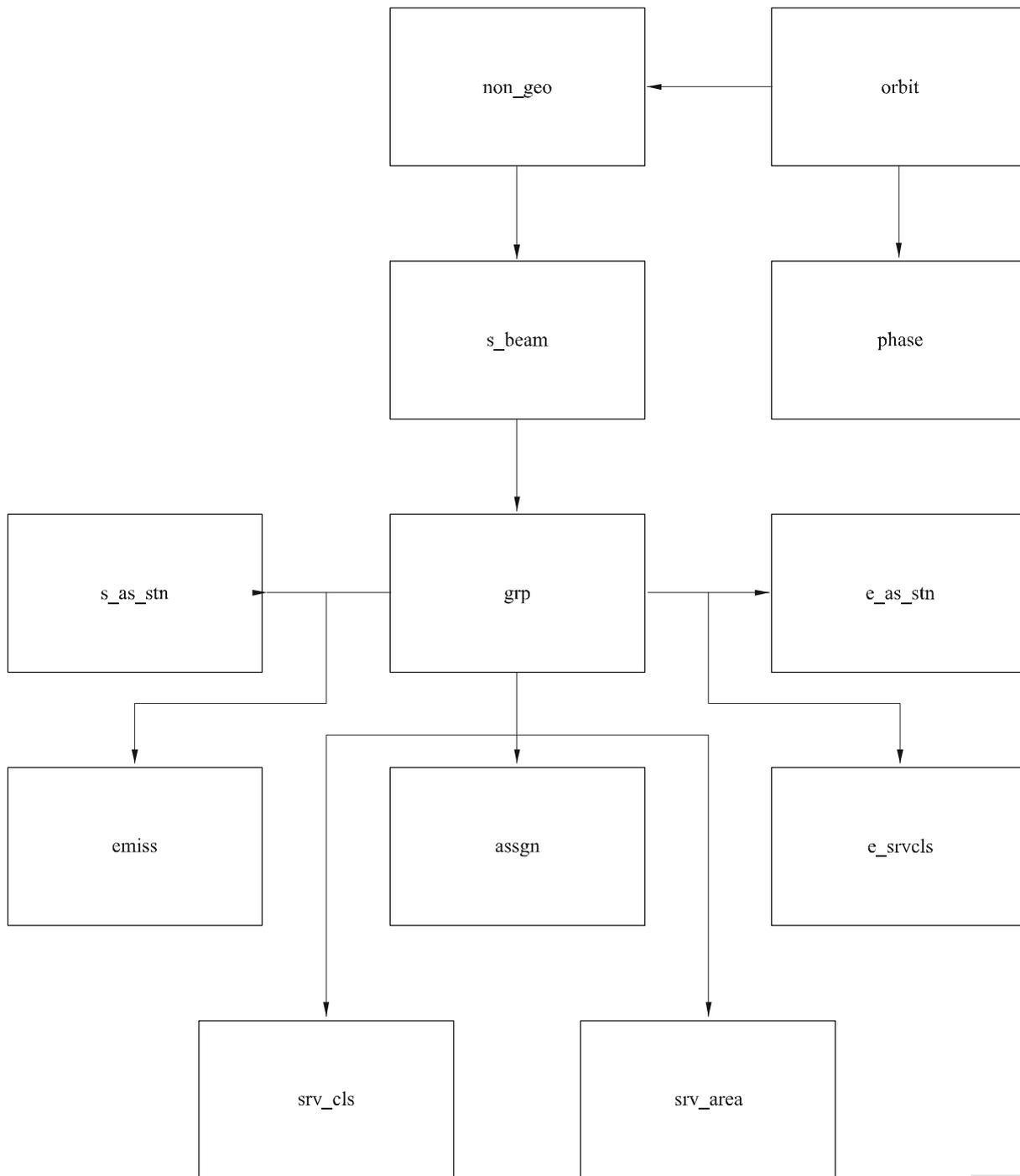


ТАБЛИЦА 8
Заявленные согласно Пр4/II данные для НГСО системы

Название таблицы	Пункт данных	Пункты в Приложении 4 РР	Формат	4/II	Описание	Замечания
assgn					Присвоенная частота	
	<i>grp_id</i>		9(9)	x	Опознавательный номер группы	
	<i>seq_no</i>		9(4)	x	Порядковый номер	
	freq_sym	C2a1a	X	x	Обозначение, указывающее килоггерцы [K], мегагерцы [M] или гигагерцы [G]	
	freq_assgn	C2a1b	9(5).9(5)	x	Присвоенная частота	
	freq_mhz	БР	9(6).9(6)		Частота в МГц	Производные данные
	f_cmp_rec	БР	X		Обозначение, указывающее случаи, когда две сравниваемые записи равны [E], имеют базовые различия [B], не имеют базовых различий [N] или когда вторая запись не обнаружена [X]	Внутренние данные БР
e_as_stn					Взаимодействующая земная станция	
	<i>grp_id</i>		9(9)	x	Опознавательный номер группы	
	<i>seq_no</i>		9(4)	x	Порядковый номер	
	<i>stn_name</i>	C.10.b.1	X(20)	x	Название передающей или приемной станции	
	ctry		XXX	x	Название страны или географического района, в котором расположена земная станция	
	act_code		X	x	Обозначение, указывающее действие, которое следует предпринять по данному объекту	
	stn_type	C.10.b.2	X	x	Обозначение, указывающее, является ли земная станция конкретной [S] или типовой [T]	
	long_deg	C.10.c.1	999	x	Градусы долготной координаты станции, выраженной в градусах, минутах и секундах	
	long_ew	C.10.c.1	X	x	Указатель направления долготы: в. д. [E] или з. д. [W]	
	long_min	C.10.c.1	99	x	Минуты долготной координаты станции, выраженной в градусах, минутах и секундах	

ТАБЛИЦА 8 (продолжение)

Название таблицы	Пункт данных	Пункты в Приложении 4 PP	Формат	4/П	Описание	Замечания
e_as_stn	long_sec	C.10.c.1	99	x	Секунды долготной координаты станции, выраженной в градусах, минутах и секундах	
	lat_deg	C.10.c.1	99	x	Градусы широтной координаты станции, выраженной в градусах, минутах и секундах	
	lat_ns	C.10.c.1	X	x	Указатель направления широты: с. ш. [N] или ю. ш. [S]	
	lat_min	C.10.c.1	99	x	Минуты широтной координаты станции, выраженной в градусах, минутах и секундах	
	lat_sec	C.10.c.1	99	x	Секунды широтной координаты станции, выраженной в градусах, минутах и секундах	
	noise_t	C.10.d.6	9(6)	x	Суммарная шумовая температура приемной системы, в градусах Кельвина, пересчитанная к выходу приемной антенны	
	gain	C.10.d.3	S99.9	x	Максимальное изотропное усиление антенны, выраженное в дБ с одним десятичным знаком	
	bmwidth	C.10.d.4	999.99	x	Угловая ширина основного лепестка излучения, выраженная в градусах с двумя десятичными знаками	
	pattern_id	C.10.d.5.a.1	9999	x	Пояснения к справочной таблице для диаграммы направленности антенны при совпадающей поляризации	
	pattern_id_x	C.10.d.5.a.1	9999	x	Пояснения к справочной таблице для диаграммы направленности антенны при кроссполяризации	
	diag_e	C.10.d.5.a.2	99	x	Номер присоединения для диаграммы направленности антенны при совпадающей поляризации	
	diag_e_x	C.10.d.5.a.2	99	x	Номер присоединения для диаграммы направленности антенны при кроссполяризации	
	stn_old	C10b	X(20)	x	Предыдущее название передающей или приемной станции	Если название взаимодействующей станции будет изменено
	long_dec		S9(3).9(4)		Долгота в градусах с четырьмя десятичными знаками	Производные данные
lat_dec		S9(2).9(4)		Широта в градусах с четырьмя десятичными знаками	Производные данные	

ТАБЛИЦА 8 (продолжение)

Название таблицы	Пункт данных	Пункты в Приложении 4 РР	Формат	4/П	Описание	Замечания
e_as_stn	ant_diam	C.10.d.7 / C.10.d.8	9(3).9(4)	x	Диаметр антенны земной станции (в метрах) или диаметр эквивалентной антенны, (то есть диаметр в метрах параболической антенны с такими же характеристиками внеосевого излучения, что и у антенны приемной взаимодействующей земной станции)	
	ant_alt		S9(5)		Высота антенны земной станции в метрах	
	clim_zone		X		Дождевая климатическая зона	
	rcp_type		X		Тип приема	
	pwr_max	C.8.g.1	S99.99		Максимальная суммарная мощность (дБВт) всех несущих (если применимо, на каждый ретранслятор), подаваемая на вход передающей антенны взаимодействующей земной станции	
	bdwidth_aggr	C.8.g.2	9(6)		Суммарная ширина полосы всех несущих (если применимо, на каждый ретранслятор), подаваемой на вход передающей антенны взаимодействующей земной станции	
	f_trp_band	C.8.g.3	X		Указатель, показывающий, соответствует ли ширина полосы ретранслятора суммарной ширине полосы всех несущих (если применимо, на каждый ретранслятор), подаваемой на вход передающей антенны взаимодействующей земной станции	
	f_cmp_rec		X		Обозначение, указывающее случаи, когда две сравниваемые записи равны [E], имеют базовые различия [B], не имеют базовых различий [N] или когда вторая запись не обнаружена [X]	Внутренние данные БР
e_srvcls				x	Характер службы и класс станции для взаимодействующей земной станции	
	grp_id	БР	9(9)	x	Опознавательный номер группы	
	seq_e_as		9(4)	x	Порядковый номер соответствующей взаимодействующей земной станции	
	seq_no		9(4)	x	Порядковый номер	
	stn_cls	C.10.d.1	XX	x	Обозначение класса станции	
	nat_srv	C.10.d.2	XX	x	Обозначение характера службы	

ТАБЛИЦА 8 (продолжение)

Название таблицы	Пункт данных	Пункты в Приложении 4 РР	Формат	4/П	Описание	Замечания
emiss					Излучение	
	<i>grp_id</i>		9(9)	x	Опознавательный номер группы	
	<i>seq_no</i>		9(4)	x	Порядковый номер	
	design_emi	C.7.a	X(9)	x	Обозначение излучения	
	pwr_tot_pk	C.8.a.1/C.8.b.1	S99.9	x	Мощность, подаваемая на антенну [дБВт]	
	pwr_ds_max	C.8.a.2/C.8.b.2	S999.9	x	Максимальная плотность мощности [дБВт/Гц]	
	pwr_min_pk	C.8.c.1	S99.9	x	Минимальная пиковая мощность, подаваемая на антенну [дБВт]	
	pwr_ds_min	C.8.c.3	S999.9	x	Минимальная плотность мощности [дБВт/Гц]	
	c_to_n	C.8.e.1	S99.9	x	Требуемое отношение C/N (общее, условия ясного неба)	
	pwr_ds_nbw	C.8.h/C.8.i	S999.9		Плотность мощности [дБВт/Гц]	
	f_emi_type	C.8.a/C.8.b	X	x	Указатель, показывающий, можно ли определять отдельные несущие или это не представляется возможным	
	attch_perp	C.8.c.2	99	x	Номер присоединения, указывающего причину отсутствия минимальной пиковой мощности	
	attch_mpd	C.8.c.4	99	x	Номер присоединения, указывающего причину отсутствия минимальной плотности мощности	
	attch_c2n	C.8.e.2	99	x	Номер присоединения, указывающего причину отсутствия отношения несущая/шум	
	f_cmp_rec		X		Обозначение, указывающее случаи, когда две сравниваемые записи равны [E], имеют базовые различия [B], не имеют базовых различий [N] или когда вторая запись не обнаружена [X]	Внутренние данные БР
grp					Общие данные для группы присвоенных частот	
	<i>grp_id</i>		9(9)	x	Опознавательный номер группы	
	ntc_id		9(9)	x	Опознавательный номер заявки	

ТАБЛИЦА 8 (продолжение)

Название таблицы	Пункт данных	Пункты в Приложении 4 PP	Формат	4/П	Описание	Замечания
grp	emi_rcp	B.2	X	x	Обозначение, указывающее луч либо как передающий [E], либо как приемный [R]	
	beam_name	B.1.a	X(8)	x	Обозначение луча спутниковой антенны	
	page_no		9(4)	x	Номер страницы в бумажной заявке	Используется для классификации групп в пределах луча (необязательные данные)
	act_code		X	x	Обозначение, указывающее действие, которое следует предпринять по данному объекту	
	adm_resp	A.3.b	XX	x	Обозначение, указывающее ответственную администрацию	
	bdwidth	C.3.a	9(8)	x	Присвоенная полоса частот, выраженная в кГц	
	d_inuse	A.2.a	9(8)	x	Дата ввода в действие	Дата в формате ггггммдд
	noise_t	C.5.a	9(6)	x	Шумовая температура приемной системы	
	op_agcy	A.3.a	999	x	Обозначение эксплуатирующей организации	
	polar_type	C.6.a	XX	x	Обозначение, указывающее тип и направление поляризации, где это уместно (в случае круговой или эллиптической поляризации)	
	polar_ang	C.6.b	999.99	x	В случае линейной поляризации величина угла (в градусах), измеренного против часовой стрелки в плоскости, перпендикулярной оси луча, от экваториальной плоскости до электрического вектора волны	
	diag_area	C.11.a	99	x	Номер присоединения для диаграммы зоны обслуживания	
	diag_spect	C.9.c.2	99	x	Номер присоединения для диаграммы спектральной маски	Если применяется п. 9.11A PP
	prd_valid	A.2.b	99	x	Срок действия в годах	
	remark		X(30)	x	Обозначения, используемые согласно таблице п. 13С	
tgt_grp_id		9(9)	x	Опознавательный номер группы, подлежащей изменениям		
pwr_max	C.8.d.1 / C.8.g.1	S99.9	x/-	Максимальная общая пиковая мощность огибающей (дБВт) или максимальная суммарная мощность (дБВт), подаваемая на вход антенны		

ТАБЛИЦА 8 (продолжение)

Название таблицы	Пункт данных	Пункты в Приложении 4 РР	Формат	4/П	Описание	Замечания
grp	bdwidth_aggr	C.8.d.2 / C.8.g.2	9(6)	x	Непрерывная полоса излучения спутникового ретранслятора или суммарная ширина полосы всех несущих (если применимо, на каждый ретранслятор), подаваемой на вход передающей антенны земной станции	
	f_trp_bdwidth	C.8.g.3	X		Указатель, показывающий, соответствует ли ширина полосы ретранслятора суммарной ширине полосы всех несущих (если применимо, на каждый ретранслятор), подаваемой на вход передающей антенны земной станции	
	attch_mux	C.9.c.1	99	x	Номер присоединения для типов модуляции и многостанционного доступа	Если применяется п. 9.11А РР
	area_no	C.11.a	99	x	Порядковый номер, связывающий диаграмму отдельной зоны обслуживания с группой	
	observ_cls	C.13.a	XX		Класс наблюдения	Для радиоастрономии
	reg_op_fr	A.11.a	9(4)		Начало регулярных часов приема, в UTC	
	reg_op_to	A.11.b	9(4)		Конец регулярных часов приема, в UTC	
	d_upd		9(8)		Дата обновления списка присвоений в SNS (Справочный регистр и запросы на координацию)	Данные БР (дата в формате ггггммдд)
	st_cur	БР	XX		Статус этой группы частотных присвоений	
	d_st_cur	БР	9(8)		Дата перехода в это состояние для данной группы частотных присвоений	
	wic_no		9(4)		Номер WIC/ИФИК, в котором опубликован последний список присвоений	Данные БР
	wic_part		X		Часть WIC/ИФИК, в которой опубликован последний список присвоений	Данные БР
d_wic		9(8)		Дата последней публикации списка присвоений в WIC/ИФИК	Данные БР (дата в формате ггггммдд)	

ТАБЛИЦА 8 (продолжение)

Название таблицы	Пункт данных	Пункты в Приложении 4 РР	Формат	4/П	Описание	Замечания
grp	d_prot_eff		9(8)		Дата, начиная с которой учитывается список присвоений согласно пп. 1061–1065 РР или 1148–1154, в зависимости от случая	Данные БР (дата в формате ггггммдд)
	fdg_reg		XX		Заключения: соответствие Регламенту радиосвязи; таблица п. 13А Предисловия к МСЧ (13А1)	Данные БР
	fdg_plan		XX		Заключения: соответствие Плану или процедуре координации; таблица п. 13А Предисловия к МСЧ (13А2)	Данные БР
	fdg_tex		XX		Заключения: результаты технической проверки; таблица п. 13А Предисловия к МСЧ (13А3)	Данные БР
	fdg_observ		X(4)		Заключения: замечания, относящиеся к заключениям, внесенным в графу 13А; таблица п. 13В Предисловия к МСЧ (13В2)	Данные БР
	spl_grp_id		9(9)			Данные БР
	comment		X(30)			Для внутреннего использования БР
	area_name	C.11.a	X(20)		Название зоны обслуживания	Только для API
	attach_reg	C.11.b	99	x	Номер присоединения для затронутого региона	Если применяется п. 9.11А РР
	elev_min	A.14.b.4 / C.13.c	S9(3).99	x	Минимальный угол места, при котором любая взаимодействующая земная станция может вести передачи в направлении негеостационарного спутника, <i>или</i> минимальный угол места, при котором радиоастрономическая станция проводит наблюдения с помощью одного зеркала или наблюдения VLBI	
	gso_sep	A.14.b.5	99.99	x	Минимальный угол разноса между дугой геостационарной орбиты и направлением основного излучения взаимодействующей земной станции, при котором такая земная станция может вести передачи в направлении негеостационарного спутника	
prov		X(12)		Положение РР, согласно которому представлена данная группа		

ТАБЛИЦА 8 (продолжение)

Название таблицы	Пункт данных	Пункты в Приложении 4 РР	Формат	4/П	Описание	Замечания
grp	srv_code		X(6)		Обобщенное обозначение, указывающее тип космической службы для списка частотных присвоений группы	
	freq_min		9(6).9(6)		Минимальная частота в МГц (присвоенная частота – половина ширины полосы) (для всех частот этой группы)	Производные данные
	freq_max		9(6).9(6)		Максимальная частота в МГц (присвоенная частота + половина ширины полосы) (для всех частот этой группы)	Производные данные
	f_no_intfr		X	x	Обозначение, указывающее соответствие Статье 4.4 Регламента радиосвязи	
	pdf_pk_7g	B.4.b.5	S999.9	x	Расчетное пиковое значение плотности потока мощности, излучаемой в пределах $\pm 5^\circ$ от геостационарной орбиты по наклонению, для полосы ФСС (к-3) 6700–7075 МГц	Если применяется п. 9.11А РР
	d_rcv	БР	9(8)		Дата получения списка частотных присвоений, относящихся к группе	Внутренние данные БР
	ra_stn_type	C.13.b	X		Тип радиоастрономической станции в полосе частот, упомянутой в п. С3b	Для радиоастрономии
	f_fdg_reqd		X		Обозначение, указывающее, требуется ли заключение	Внутренние данные БР
	cmp_grp_id		9(9)		grp_id второй группы, если сравниваются две группы	Внутренние данные БР
	f_cost_rec				Указатель в случае, когда к группе будет применена процедура возмещения затрат	Внутренние данные БР
	f_cmp_str		X		Обозначение, указывающее случаи, когда две сравниваемые структуры равны [E], имеют базовые различия [B], не имеют базовых различий [N] или когда вторая структура не обнаружена [X]	Внутренние данные БР
	f_cmp_rec		X		Обозначение, указывающее случаи, когда две сравниваемые записи равны [E], имеют базовые различия [B], не имеют базовых различий [N] или когда вторая запись не обнаружена [X]	Внутренние данные БР
f_cmp_freq		X		Обозначение, указывающее случаи, когда два сравниваемых списка частот равны [E], имеют базовые различия [B], не имеют базовых различий [N] или когда второй список не обнаружен [X]	Внутренние данные БР	

ТАБЛИЦА 8 (продолжение)

Название таблицы	Пункт данных	Пункты в Приложении 4 PP	Формат	4/П	Описание	Замечания
grp	f_cmp_emi		X		Обозначение, указывающее случаи, когда два сравниваемых списка излучений равны [E], имеют базовые различия [B], не имеют базовых различий [N] или когда второй список не обнаружен [X]	Внутренние данные БР
	f_cmp_eas		X		Обозначение, указывающее случаи, когда два сравниваемых списка взаимодействующих земных станций равны [E], имеют базовые различия [B], не имеют базовых различий [N] или когда второй список не обнаружен [X]	Внутренние данные БР
	f_cmp_prov		X		Обозначение, указывающее случаи, когда два сравниваемых списка положений равны [E], имеют базовые различия [B], не имеют базовых различий [N] или когда второй список не обнаружен [X]	Внутренние данные БР
	f_cmp_sas		X		Обозначение, указывающее случаи, когда два сравниваемых списка взаимодействующих космических станций равны [E], имеют базовые различия [B], не имеют базовых различий [N] или когда второй список не обнаружен [X]	Внутренние данные БР
	f_cmp_gpub		X		Обозначение, указывающее случаи, когда два сравниваемых списка заявленных публикаций равны [E], имеют базовые различия [B], не имеют базовых различий [N] или когда второй список не обнаружен [X]	Внутренние данные БР
	f_cmp_fdg		X		Обозначение, указывающее случаи, когда два сравниваемых списка ссылок на заключения равны [E], имеют базовые различия [B], не имеют базовых различий [N] или когда второй список не обнаружен [X]	Внутренние данные БР
mask_info					Информация, относящаяся к маске	
	mask_id	A.14.a.1 / A.14.b.1 / A.14.c.1	9(9)	x	Уникальный опознаватель маски	
	freq_min	A.14.a.2 / A.14.b.2 / A.14.c.2	9(6).9(6)	x	Самая низкая частота, для которой эта маска действительна [ГГц]	

ТАБЛИЦА 8 (продолжение)

Название таблицы	Пункт данных	Пункты в Приложении 4 PP	Формат	4/П	Описание	Замечания
mask_info	freq_max	A.14.a.3 / A.14.b.3 / A.14.c.3	9(6).9(6)	x	Самая высокая частота, для которой эта маска действительна [Гц]	
	f_mask		X	x	Символ, обозначающий, соответствует ли тип маски уровню э.и.и.м. для космической станции [S], э.и.и.м. для взаимодействующей земной станции [E] или п.п.м. на космической станции [P]	
mask_lnk1					Связь между маской, группой и спутником негеостационарной системы	
	grp_id		9(9)	x	Опознавательный номер группы	
	seq_no		9(4)	x	Порядковый номер маски	
	ntc_id		9(9)	x	Опознавательный номер заявки	
	orb_id		9(4)	x	Порядковый номер орбитальной плоскости	
	sat_orb_id		9(4)	x	Порядковый номер спутника в орбитальной плоскости	
	mask_id	A.14.a.1 / A.14.b.1 / A.14.c.1	9(9)	x	Уникальный опознаватель маски	
mask_lnk2					Связь между маской, взаимодействующей земной станцией и спутником негеостационарной системы	
	grp_id		9(9)	x	Опознавательный номер группы	
	seq_e_as		9(4)	x	Порядковый номер взаимодействующей земной станции	
	seq_no		9(4)	x	Порядковый номер маски	
	ntc_id		9(9)	x	Опознавательный номер заявки	
	orb_id		9(4)	x	Порядковый номер орбитальной плоскости	
	sat_orb_id		9(4)	x	Порядковый номер спутника в орбитальной плоскости	
	mask_id	A.14.a.1 / A.14.b.1 / A.14.c.1	9(9)	x	Уникальный опознаватель маски	

ТАБЛИЦА 8 (продолжение)

Название таблицы	Пункт данных	Пункты в Приложении 4 РР	Формат	4/П	Описание	Замечания
non_geo				x	Негеостационарная космическая станция	
	<i>ntc_id</i>		9(9)	x	Опознавательный номер заявки	
	sat_name	A.1.a	X(20)	x	Название спутника	
	ref_body	A.4.b.2	X	x	Код эталонного тела, вблизи которого проходит орбита спутника	
	nbr_sat_nh	A.4.b.3.a	999	x	Максимальное число космических станций негеостационарной спутниковой системы, ведущих одновременную передачу на совпадающей частоте в Северном полушарии	
	nbr_sat_sh	A.4.b.3.b	999	x	Максимальное число космических станций негеостационарной спутниковой системы, ведущих одновременную передачу на совпадающей частоте в Южном полушарии	
	nbr_plane	A.4.b.1	99	x	Число плоскостей негеостационарной орбиты	
	nbr_sat_td	A.4.b.7.a	9(4)	x	Максимальное число отслеживаемых негеостационарных спутников, принимающих сигналы одновременно на совпадающей частоте	
	density	A.4.b.7.b	9(6)	x	Среднее число взаимодействующих земных станций, ведущих передачи на перекрывающихся частотах, на км ² в пределах одной ячейки	
	avg_dist	A.4.b.7.c	9(3).9	x	Среднее расстояние в километрах между ячейками с одинаковыми частотами	
	f_x_zone	A.4.b.7.d.1	X	x	Символ, указывающий тип зоны; является ли угол зоны исключения углом альфа (Y) или углом X (N)	
	x_zone	A.4.b.7.d.2	99.9	x	Ширина зоны исключения в градусах	
	f_epfd	A.15.a	X	x	Код, указывающий обязательство относительно соответствия дополнительным эксплуатационным уровням э.п.п.м.	
	f_active		X		Обозначение, указывающее, является ли станция активной [A] или не активной [I], то есть логически подавленной	Данные БР
	atth_x_zone	A.4.b.7.d.3		x	Номер присоединения, в котором дано подробное описание механизма избежания направленности в сторону орбиты, если для определения зоны исключения используется альтернативный метод	

ТАБЛИЦА 8 (продолжение)

Название таблицы	Пункт данных	Пункты в Приложении 4 РР	Формат	4/П	Описание	Замечания
non_geo	f_pfd_limit	A.17.a	X	x	Обозначение, указывающее обязательство относительно соответствия ограничениям плотности потока мощности (в расчете на спутник) -129 дБ(Вт/(м ² · МГц))	Данные БР
orbit				x	Орбитальная плоскость негеостационарного спутника	
	<i>ntc_id</i>	БР	9(9)	x	Опознавательный номер заявки	
	<i>orb_id</i>		99	x	Порядковый номер орбитальной плоскости	
	nbr_sat_pl	A.4.b.4.b	99	x	Число спутников в каждой плоскости негеостационарной орбиты	
	right_asc	A.4.b.5.a	999.99	x	Угловой разнос в градусах между восходящим узлом и направлением весеннего равноденствия	Если применяется п. 9.11А РР
	inclin_ang	A.4.b.4.a	999.9	x	Угол наклона спутниковой орбиты по отношению к плоскости экватора	
	prd_ddd	A.4.b.4.c.1	999	x	Указание дней для отрезка времени, проходящего между двумя последовательными проходами негеостационарного спутника через какую-либо точку его орбиты	
	prd_hh	A.4.b.4.c.2	99	x	Указание часов для отрезка времени, проходящего между двумя последовательными проходами негеостационарного спутника через какую-либо точку его орбиты	
	prd_mm	A.4.b.4.c.3	99	x	Указание минут для отрезка времени, проходящего между двумя последовательными проходами негеостационарного спутника через какую-либо точку его орбиты	
	apog	A.4.b.4.d	9(5).99	x	Наибольшая высота в километрах негеостационарного спутника над поверхностью Земли или другого эталонного тела	Расстояния > 99 999 км выражаются в виде произведения полей "apogee" и "apog_exp" (см. ниже), например: 125 000 = $1,25 \times 10^5$
	apog_exp	A.4.b.4.d	99	x	Экспонентная часть апогея, выраженная в виде степени числа 10	Для обозначения показателя степени; укажите 0 для 10 ⁰ , 1 для 10 ¹ , 2 для 10 ² и т. д.

ТАБЛИЦА 8 (продолжение)

Название таблицы	Пункт данных	Пункты в Приложении 4 РР	Формат	4/П	Описание	Замечания
orbit	perig	A.4.b.4.e	9(5).99	x	Наименьшая высота в километрах негеостационарного спутника над поверхностью Земли или другого эталонного тела	Расстояния > 99 999 км выражаются в виде произведения полей "perigee" и "perig_exp" (см. ниже), например: $125\,000 = 1,25 \times 10^5$
	perig_exp	A.4.b.4.e	99	x	Экспонентная часть перигея, выраженная в виде степени числа 10	Для обозначения показателя степени; укажите 0 для 10^0 , 1 для 10^1 , 2 для 10^2 и т. д.
	perig_arg	A.4.b.5.c	999.9	x	Угловой разнос в градусах между восходящим узлом и перигеем эллиптической орбиты	Если применяется п. 9.11А РР
	op_ht	A.4.b.6.b	99.99	x	Минимальная рабочая высота в километрах негеостационарного спутника над поверхностью Земли или другого эталонного тела, выражаемая в км	Расстояния > 99 км выражаются в виде произведения полей "op_ht" и "op_ht_exp" (см. ниже), например: $250 = 2,5 \times 10^2$
	op_ht_exp	A.4.b.6.b	99	x	Экспонентная часть рабочей высоты, выраженная в виде степени числа 10	Для обозначения показателя степени; укажите 0 для 10^0 , 1 для 10^1 , 2 для 10^2 и т. д.
	f_stn_keep	A.4.b.6.c	X	x	Символ, указывающий, используется ли [Y] или нет [N] функция удержания космической станции на орбите для обеспечения повторяющейся проекции движения спутника на поверхности Земли	
	rpt_prd_dd	A.4.b.6.d	999	x	Указание дня для периода времени, требуемого для возвращения группировки в свое исходное положение (с)	
	rpt_prd_hh	A.4.b.6.d	99	x	Указание часа для периода времени, требуемого для возвращения группировки в свое исходное положение (с)	
	rpt_prd_mm	A.4.b.6.d	99	x	Указание минут для периода времени, требуемого для возвращения группировки в свое исходное положение (с)	
	rpt_prd_ss	A.4.b.6.d	99	x	Указание секунд для периода времени, требуемого для возвращения группировки в свое исходное положение (с)	
f_precess	A.4.b.6.e	X	x	Символ, указывающий, должна ли [Y] или нет [N] при моделировании космической станции использоваться конкретная скорость прецессии восходящего узла орбиты вместо члена J_2		

ТАБЛИЦА 8 (продолжение)

Название таблицы	Пункт данных	Пункты в Приложении 4 РР	Формат	4/П	Описание	Замечания
orbit	precession	A.4.b.6.f	999.99	x	Для космической станции, при моделировании которой будет использоваться конкретная скорость прецессии восходящего узла орбиты вместо члена J_2 , указывается скорость прецессии (градусы/сутки), измеренная против часовой стрелки в экваториальной плоскости	
	long_asc	A.4.b.6.g	999.99	x	Долгота восходящего узла для j -й орбитальной плоскости, измеренная против часовой стрелки в экваториальной плоскости от направления гринвичского меридиана до точки, где спутниковая орбита пересекает экваториальную плоскость с юга на север ($0^\circ = j < 360^\circ$)	
	keep_rnge	A.4.b.6.i	99.9	x	Допустимое отклонение долготы восходящего узла	
	f_cmp_rec		X		Обозначение, указывающее случаи, когда две сравниваемые записи равны [E], имеют базовые различия [B], не имеют базовых различий [N] или когда вторая запись не обнаружена [X]	Внутренние данные БР
	f_cmp pha		X		Обозначение, указывающее случаи, когда два сравниваемых списка записей фазы равны [E], имеют базовые различия [B], не имеют базовых различий [N] или когда второй список не обнаружен [X]	Внутренние данные БР
orbit_lnk				x	Таблица для увязки антенны негеостационарной космической станции со спутником	
	ntc_id		9(9)	x	Опознавательный номер заявки	
	emi_rcp	B.2	X	x	Обозначение, указывающее луч либо как передающий [E], либо как приемный [R]	
	beam_name	B.1.a	X(8)	x	Обозначение луча спутниковой антенны	
	orb_id	B.4.a.1	9(4)	x	Идентификационный порядковый номер орбитальной плоскости	
	orb_sat_id	B.4.a.2	9(4)	x	Порядковый номер спутника в плоскости негеостационарной орбиты	

ТАБЛИЦА 8 (продолжение)

Название таблицы	Пункт данных	Пункты в Приложении 4 РР	Формат	4/П	Описание	Замечания
phase				x	Начальный фазовый угол негеостационарного спутника в орбитальной плоскости	
	<i>ntc_id</i>		9(9)	x	Опознавательный номер заявки	
	<i>orb_id</i>		99	x	Порядковый номер орбитальной плоскости	
	<i>orb_sat_id</i>		99	x	Порядковый номер спутника в орбитальной плоскости	
	phase_ang	A.4.b.5.b	999.9	x	Начальный фазовый угол спутника в орбитальной плоскости	Если применяется п. 9.11А РР
	d_ref	A.4.b.6.h / A.4.b.6.i	9(8) , 9(6)	x	День и время, когда спутник находится в позиции, определяемой величиной Ω_j	Дата в формате ггггммдд, время в формате ччммсс
	f_cmp_rec		X		Обозначение, указывающее, когда две сравниваемые записи равны [E], имеют базовые различия [B], не имеют базовых различий [N] или когда вторая запись не обнаружена [X]	Внутренние данные БР
s_as_stn				x	Взаимодействующая космическая станция	
	<i>grp_id</i>		9(9)	x	Опознавательный номер группы	
	<i>sat_name</i>	C.10.a.1	X(20)	x	Название взаимодействующей космической станции	
	<i>beam_name</i>		X(8)	x	Обозначение соответствующего луча спутниковой антенны	
	act_code		X	x	Обозначение, указывающее действие, которое следует предпринять по данному объекту	
	beam_old		X(8)	x	Предыдущее обозначение соответствующего луча спутниковой антенны	Если обозначение соответствующего луча спутниковой антенны будет изменено
	sat_old		X(20)	x	Предыдущее название взаимодействующей космической станции	Если название взаимодействующей космической станции будет изменено
	stn_type	C.10	X	x	Тип взаимодействующей космической станции: геостационарная [G] или негеостационарная [N]	
	long_nom	C.10.a.2	S999.99	x	Номинальная долгота взаимодействующей космической станции, если она геостационарная; укажите "-" для з. д. и "+" для в. д.	В градусах от -179,99 до +180,00

ТАБЛИЦА 8 (продолжение)

Название таблицы	Пункт данных	Пункты в Приложении 4 PP	Формат	4/П	Описание	Замечания
s_as_stn	f_cmp_rec		X		Обозначение, указывающее случаи, когда две сравниваемые записи равны [E], имеют базовые различия [B], не имеют базовых различий [N] или когда вторая запись не обнаружена [X]	Внутренние данные БР
s_beam				x	Луч спутниковой антенны	
	ntc_id		9(9)	x	Опознавательный номер заявки	
	emi_rcp	B.2	X	x	Обозначение, указывающее луч либо как передающий [E], либо как приемный [R]	
	beam_name	B.1.a	X(8)	x	Обозначение луча спутниковой антенны	
	f_steer	B.1.c	X	x	Символ, указывающий, является ли луч управляемым (см. п. 1.191 PP) или с изменяемой конфигурацией	
	act_code		X	x	Обозначение, указывающее действие, которое следует предпринять по данному объекту	
	ang_alpha	B.4.b.1.a	999.9	x	Ориентация луча спутниковой антенны	Если применяется п. 9.11A PP
	ang_beta	B.4.b.1.b	99.9	x	Ориентация луча спутниковой антенны	Если применяется п. 9.11A PP
	beam_old		X(8)	x	Предыдущее обозначение луча спутниковой антенны	Если обозначение луча будет изменено
	diag_e	B.3.c.1.a	99	x	Номер присоединения для диаграммы направленности антенны при совпадающей поляризации	
	diag_e_x	B.3.c.2.a	99	x	Номер присоединения для диаграммы направленности антенны при кроссполяризации	
	diag_elev	B.4.b.2	99	x	Номер присоединения для усиления в зависимости от диаграммы угла места	Если применяется п. 9.11A PP
	diag_gain	B.3.b.1	99	x	Номер присоединения для диаграммы контура усиления	
	diag_orb_e	B.3.e	99	x	Номер присоединения для диаграммы, показывающей усиление антенны в зависимости от геостационарной орбиты	
	pattern_id	B.3.c.1.b	99		Опознавательный номер диаграммы направленности антенны при совпадающей поляризации в справочной таблице ant_type	

ТАБЛИЦА 8 (продолжение)

Название таблицы	Пункт данных	Пункты в Приложении 4 PP	Формат	4/П	Описание	Замечания
s_beam	pattern_id_x	B.3.c.2.b	99		Опознавательный номер диаграммы направленности антенны при кроссполяризации в справочной таблице ant_type	
	gain	B.3.a.1	S99.9	x	Максимальное изотропное усиление антенны, выраженное в дБ с одним десятичным знаком; усиление при совпадающей поляризации для планов	
	loss_attch	B.4.b.3	99	x	Номер присоединения для данных о потерях распространения	Если применяется п. 9.11А PP
	pnt_acc	B.3.d	9.99	x	Точность наведения антенны, в градусах	
	pwr_max_4k	B.4.b.4.a	S99.9	x	Максимальная э.и.и.м. на 4 кГц	Если применяется п. 9.11А PP
	pwr_avg_4k	B.4.b.4.b	S99.9	x	Средняя э.и.и.м. на 4 кГц	Если применяется п. 9.11А PP
	pwr_max_1m	B.4.b.4.c	S99.9	x	Максимальная э.и.и.м. на 1 МГц	Если применяется п. 9.11А PP
	pwr_avg_1m	B.4.b.4.d	S99.9	x	Средняя э.и.и.м. на 1 МГц	Если применяется п. 9.11А PP
	beamlet		99.9		Составляющий луч	
	bore_long	B.3.f.1.a	S999.99		Долготная координата точки прицеливания спутниковой антенны	
	bore_lat	B.3.f.1.b	S99.99		Широтная координата точки прицеливания спутниковой антенны	
	maj_axis	B.3.f.2.c	99.99		Большая ось проекции луча спутниковой антенны	
	min_axis	B.3.f.2.d	99.99		Малая ось проекции луча спутниковой антенны	
	orient	B.3.f.2.b	S9(3).99		Ориентация луча спутниковой антенны	
	rot_acc	B.3.f.2.a	9.99		Точность поворота луча спутниковой антенны	
	gain_x	B.3.a.2	99.9		Усиление для кроссполяризации (только для лучей с профилированной диаграммой)	
	prot_ratio	C.12.a	9(3).9(2)		Минимальное приемлемое суммарное отношение C/I , если защитное отношение меньше 26 дБ	
	diag_gainx	B.3.b.2	9(4)		Номер присоединения для диаграммы контура усиления при кроссполяризации	
	freq_min		9(6).9(6)		Минимальная частота в МГц (присвоенная частота – половина ширины полосы) (всех частот для этого луча)	Производные данные
	freq_max		9(6).9(6)		Максимальная частота в МГц (присвоенная частота + половина ширины полосы) (всех частот для этого луча)	Производные данные

ТАБЛИЦА 8 (окончание)

Название таблицы	Пункт данных	Пункты в Приложении 4 РР	Формат	4/П	Описание	Замечания
s_beam	f_fdg_reqd		X		Обозначение, указывающее, требуется ли заключение	Внутренние данные БР
	cmp_ntc_id		9(9)		Обозначение, указывающее ntc_id луча второго станции сети/земной станции, если сравниваются две станции сети/земные станции	Внутренние данные БР
	cmp_beam		X(8)		beam_name второго луча, если сравниваются два луча	Внутренние данные БР
	f_cmp_str		X		Обозначение, указывающее случаи, когда две сравниваемые структуры равны [E], имеют базовые различия [B], не имеют базовых различий [N] или когда вторая структура не обнаружена [X]	Внутренние данные БР
	f_cmp_rec		X		Обозначение, указывающее случаи, когда две сравниваемые записи равны [E], имеют базовые различия [B], не имеют базовых различий [N] или когда вторая запись не обнаружена [X]	Внутренние данные БР
srv_area				x	Зона обслуживания	
	grp_id		9(9)	x	Опознавание группы	
	ctry	C.11.a	XXX	x	Условное обозначение страны или географической зоны	
srv_cls				x	Характер службы и класс станции для группы частотных присвоений	
	grp_id		9(9)	x	Опознавание группы	
	seq_no		9(4)	x	Порядковый номер	
	stn_cls	C.4.a	XX	x	Класс станции	
	nat_srv	C.4.b	XX	x	Характер службы	

ЧАСТЬ С

Расчет масок п.п.м./э.и.и.м.

1 Определение

Цель расчета масок п.п.м. – определить огибающую мощности, излучаемой НГСО космическими станциями и НГСО земными станциями, с тем чтобы результаты вычислений учитывали все, что будет излучаться, независимо от того, какая стратегия распределения ресурсов и коммутации используется в различные периоды срока службы НГСО системы.

Для расчета маски п.п.м. может использоваться концепция эталонного угла, определяемого спутником.

2 Расчет масок п.п.м. излучения спутника**2.1 Общее представление**

Маска п.п.м. излучения спутника определяется максимальной п.п.м., создаваемой любой космической станцией НГСО мешающей системы, видимой из любой точки на поверхности Земли. Для использования БР в программном обеспечении с целью проверки рекомендуется четырехмерная маска п.п.м., которая определяется одним из двух указанных ниже вариантов:

Вариант 1: В зависимости от:

- НГСО спутника;
- широты подспутниковой точки НГСО;
- угла разноса α между этой НГСО космической станцией и дугой ГСО, видимой из любой точки на поверхности Земли. Угол α является, следовательно, минимальным топоцентрическим углом, измеренным от этой конкретной земной станции между мешающей НГСО космической станцией и любой космической станцией дуги ГСО (или угол разноса X , представляющий собой угол между линией, проектируемой от дуги ГСО через НГСО космическую станцию к земле, и линией от НГСО космической станции до края луча НГСО станции);
- разности ΔL по долготе между подспутниковой точкой НГСО и точкой на дуге ГСО, где угол α (или X) минимален.

Вариант 2: В зависимости от:

- НГСО спутника;
- широты подспутниковой точки НГСО;
- азимутального угла, определяемого в § 5.4.3 части D;
- угла места, определяемого в § 5.4.3 части D.

Какие бы параметры (например, угол α , угол X , ...) не использовались для расчета маски п.п.м., результирующая маска п.п.м. должна быть преобразована в один из указанных выше вариантов формата.

Поскольку НГСО космическая станция может генерировать одновременно заданное максимальное число лучей, это следует учитывать для лучшего соответствия проекту системы и при этом также не должно создаваться слишком больших ограничений для НГСО систем.

При расчете маски п.п.м. реализуются методы снижения помех, используемые НГСО системой, как, например, уклонение от дуги ГСО. Метод уклонения от дуги ГСО определяет нерабочую зону на земле в поле зрения НГСО космической станции. Местоположение этой нерабочей зоны на земле будет перемещаться в зависимости от широты подспутниковой точки НГСО. Для получения более

точной модели НГСО системы широта подспутниковой точки НГСО берется в качестве параметра при расчете маски п.п.м.

Применение масок п.п.м. для углов α или X означает, что для угла исключения при расчете э.п.п.м.↓ используется одно и то же определение угла ГСО.

2.2 Описание методов снижения помех

В этом разделе должны быть даны точные объяснения относительно метода снижения помех, реализуемого в рамках НГСО системы, в целях его полного моделирования при расчете э.п.п.м.↑.

Что касается использования нерабочей зоны вокруг дуги ГСО, существуют по крайней мере три различных способа моделирования системы НГСО, основанных на сотовой архитектуре:

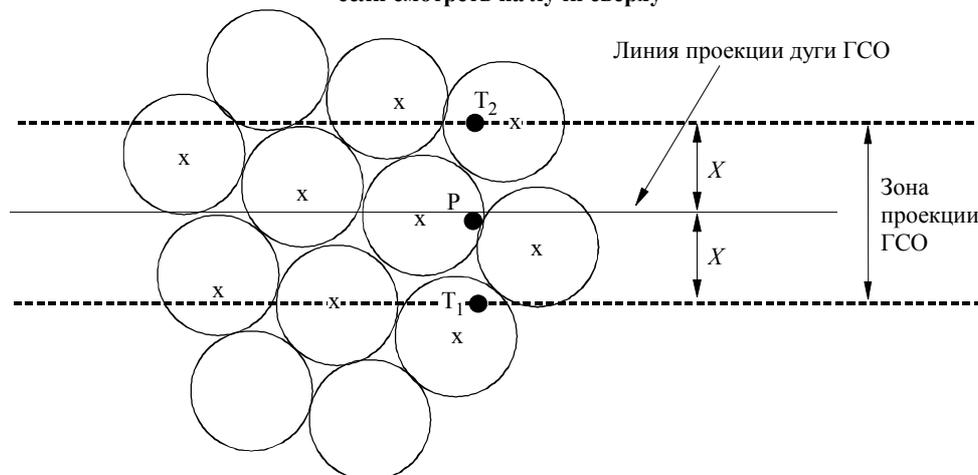
- Наблюдение нерабочей зоны по всей ячейке: луч НГСО космической станции отключается, если угол разноса между этой НГСО космической станцией и дугой ГСО, в любой точке ячейки НГСО, меньше, чем α_0 (угол отклонения от дуги ГСО).
- Наблюдение нерабочей зоны в центре ячейки: луч НГСО космической станции отключается, когда центр ячейки видит эту НГСО космическую станцию под углом менее, чем α_0 от дуги ГСО.
- Эталонный угол, определяемый спутником: луч НГСО космической станции отключается, когда эталонный угол X , определяемый спутником, меньше, чем X_0 . Эталонный угол X – это угол между линией, проектируемой от дуги ГСО через НГСО космическую станцию к земле, и линией от космической станции НГСО до края луча НГСО станции.

Могут использоваться и другие не упомянутые здесь методы снижения помех. Информация об этих методах будет предоставляться администрацией НГСО системы для описания и проверки маски п.п.м.

Углы α и X определяются на рисунках 8a и 8b:

РИСУНОК 8a

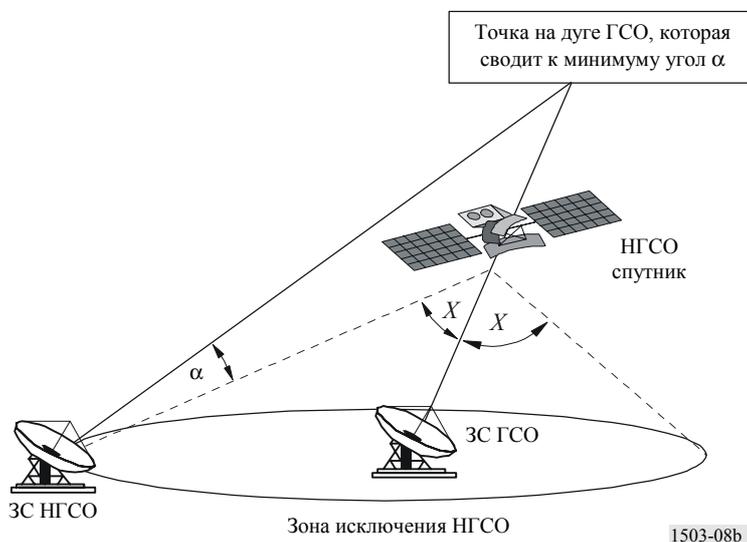
Представление об угле исключения, определяемом спутником, если смотреть на лучи сверху



x: луч отключается, когда край находится в пределах зоны проекции

РИСУНОК 8b

Взаимосвязь между геометрическими построениями угла исключения X , определяемого спутником, и угла α , определяемого земной станцией, в случае помех в ГСО сети от НГСО сетей



2.3 Расчет п.п.м.

2.3.1 Расчет п.п.м.

Уровень п.п.м., излучаемой НГСО космической станцией в любой точке на поверхности Земли, – это сумма п.п.м., создаваемой всеми передаваемыми лучами в совпадающей полосе частот.

Некоторые НГСО системы имеют следящие антенны, которые направлены на ячейки, фиксированные на поверхности Земли и не перемещающиеся при движении космического аппарата. Однако поскольку маска п.п.м. вычисляется относительно местоположения станции НГСО, то при расчете маски п.п.м. должны быть сделаны некоторые допущения. Принятие упрощающего допущения, что ячейки перемещаются при движении космического аппарата, может привести к неточным географическим распределениям уровней э.п.п.м.

Было отмечено, что поскольку в НГСО системах используются методы снижения помех, никакого выравнивания "главный луч–главный луч" производиться не будет. Поэтому в отношении явлений деполяризации подразумевается, что вклады за счет как совпадающей поляризации, так и кроссполяризации должны учитываться как источники помех.

Такой расчет маски п.п.м. в явном виде учитывает как совпадающую, так и кроссполяризацию от НГСО спутников на ГСО земных станциях для одинаковых типов поляризации (круговая–круговая или линейная–линейная). Развязка между системами с различными типами поляризации непосредственно не рассматривается. Исследования показали, что средняя общая мощность помех для всех осевых отношений и ориентаций эллипса поляризации дает очень малое чистое увеличение на 0,048 дБ мощности принимаемых помех в антенне РСС. Любые вклады за счет кроссполяризации, которые вряд ли будут достигнуты, ограничены пределами от –30 дБ до +3 дБ.

Тогда:

$$pfd = 10 \log \left(\sum_i^{N_{co}} 10^{pfd_{co_i}/10} + \sum_j^{N_{cross}} 10^{pfd_{cross_j}/10} \right),$$

где:

- pdf : п.п.м., излучаемая НГСО космической станцией (дБ(Вт/м²)) в эталонной полосе частот;
- i : индекс лучей, с помощью которых ведется передача с рассматриваемой поляризацией;
- N_{co} : максимальное число лучей, с помощью которых может вестись одновременная передача с рассматриваемой поляризацией;
- pdf_{co_i} : п.п.м., создаваемая в рассматриваемой точке на поверхности Земли одним лучом с рассматриваемой поляризацией (дБ(Вт/м²)) в эталонной полосе частот;
- j : индекс лучей, с помощью которых ведется передача с поляризацией, противоположной к рассматриваемой поляризации;
- N_{cross} : максимальное число лучей, с помощью которых может вестись одновременная передача с поляризацией, противоположной к рассматриваемой поляризации;
- pdf_{cross_j} : п.п.м., создаваемая в рассматриваемой точке на поверхности Земли одним лучом с поляризацией, противоположной к рассматриваемой поляризации (дБ(Вт/м²)) в эталонной полосе частот

и

$$pdf_{co_i} = P_i + G_i - 10 \log_{10} (4 \pi d^2),$$

где:

- P_i : максимальная мощность, передаваемая лучом i в эталонной полосе частот (дБ/Вт/ BW_{ref});
- BW_{ref} : эталонная ширина полосы (кГц);
- G_i : усиление, создаваемое лучом i с рассматриваемой поляризацией в рассматриваемой точке на поверхности Земли (дБи);
- d : расстояние между НГСО космической станцией и рассматриваемой точкой на поверхности Земли (если усиление антенны НГСО спутника дается в виде изолиний потока, d – высота НГСО космической станции) (м)

и

$$pdf_{cross_j} = P_j + G_{cross_j} - 10 \log_{10} (4 \pi d^2),$$

где:

- G_{cross_j} : усиление кроссполяризации, создаваемое лучом j , с помощью которого ведется передача в рассматриваемой точке на поверхности Земли с поляризацией, противоположной к рассматриваемой поляризации (дБи).

Ожидается, что параметры, используемые для расчета маски п.п.м./э.и.и.м., соответствуют характеристикам НГСО спутника в течение его предполагаемого срока службы.

2.3.2 Усиление спутниковой антенны в точке, рассматриваемой на поверхности Земли

Цель этого раздела – определить усиление в направлении точки М на поверхности Земли, когда спутниковая антенна направлена на ячейку i . Координаты антенны могут быть определены с помощью четырех видов системы координат:

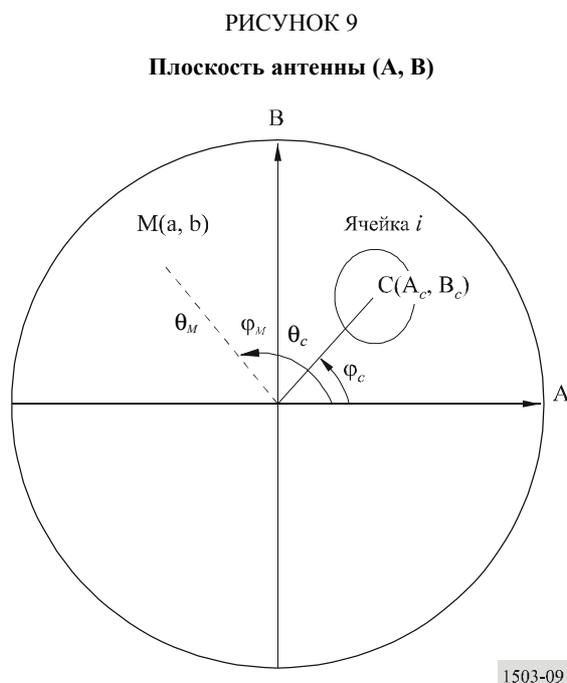
- φ : сферическая координата
- v : $u = \sin \theta \cos \varphi$, $v = \sin \theta \sin \varphi$
- B : $A = \theta \cos \varphi$, $B = \theta \sin \varphi$

$$(Az, El): \quad \sin(El) = \sin \theta \sin \varphi, \quad \tan(Az) = \tan \theta \cos \varphi.$$

В качестве примера ниже следующие расчеты выполняются в системе координат антенны (A, B).

Выборка диаграмм направленности антенн НГСО спутников должна адаптироваться таким образом, чтобы такая интерполяция не приводила к уровню усиления, значительно отличающемуся от реальных значений.

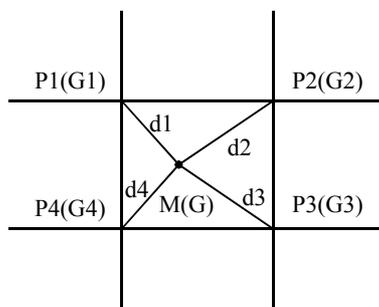
На рисунке 9 представлены геометрические построения в плоскости антенны (A, B).



Координатами точки M на поверхности Земли являются точки (a, b) в плоскости антенны (A, B), соответствующие точкам (θ_M, φ_M) в полярных координатах.

Координатами точки C центра ячейки i являются точки (A_c, B_c) в плоскости антенны (A, B) и (θ_c, φ_c) в сферических координатах.

Для диаграмм усиления спутниковых антенн с функциональными описаниями (то есть уравнениями) усиление в точке M может быть рассчитано непосредственно из координат $C(A_c, B_c)$ и $M(a, b)$. Для других диаграмм направленности коэффициенты усиления спутниковых антенн определяются из сетки точек (A, B). Точка $M(a, b)$ может быть расположена между четырьмя точками сетки (A, B). Таким образом, усиление в точке M необходимо оценивать, зная усиление для четырех точек: P1(G1), P2(G2), P3(G3) и P4(G4).



Перед сложением весовые данные коэффициентов усиления определяются с помощью расстояний между P_i и M.

Если (a_j, b_j) – координаты (А, В) точки P_j , а d_j ($j = 1, \dots, 4$) – расстояние от точки P_j до точки М, тогда

$$d_j = \sqrt{(a - a_j)^2 + (b - b_j)^2}.$$

Если $d_j = 0$, то $G_i(M) = G_i(P_j)$

или же:

$$m_j = \frac{\frac{1}{d_j}}{\sum_{k=1}^4 \frac{1}{d_k}}$$

и

$$G_i(M) = 10 \log_{10} \left(\left(\sum_{j=1}^4 m_j \sqrt{10 \frac{G_i(P_j)}{10}} \right)^2 \right).$$

$G_i(M)$ представляет в этом случае усиление луча i антенны НГСО спутника в направлении точки М.

Выборка диаграмм направленности антенн НГСО спутников должна адаптироваться таким образом, чтобы такая интерполяция не приводила к значительным аппроксимациям.

Те же самые критерии должны использоваться при выборке масок п.п.м.

2.4 Методика

Маска п.п.м. определяется по максимальным значениям п.п.м., создаваемой любой космической станцией мешающей НГСО системы, а также как функция параметров, определяемых либо в варианте 1, либо в варианте 2. Для расчета маски п.п.м. ячейки в зоне обслуживания НГСО спутника располагаются по направлению луча в НГСО системе. Для спутников с управляемыми антеннами спутник может быть направлен в ту же зону поверхности Земли по всей своей траектории в космосе.

Эти ячейки фиксируются относительно поверхности Земли. Для спутников, имеющих фиксированные относительно них углы ориентации антенн, структура ячейки одна и та же относительно спутника, но перемещается относительно Земли.

2.4.1 Вариант 1

В качестве примера описание варианта 1 было сделано для маски п.п.м., определяемой как функция угла разноса α . Если маска п.п.м. создается как функция угла X , последующие расчеты остаются теми же, но угол α заменяется углом X .

Маска п.п.м. определяется как функция угла разноса α между этой НГСО космической станцией и дугой ГСО, видимой из любой точки на поверхности Земли, и разности ΔL по долготе между подспутниковой точкой НГСО и ГСО спутником.

Угол α является, следовательно, минимальным топоцентрическим углом, измеренным от этой конкретной земной станции между мешающей НГСО космической станцией и любой точкой на дуге ГСО.

Назначение этой маски – определить максимально возможный уровень п.п.м., излучаемой НГСО космической станцией, в функции угла разноса между НГСО космической станцией и дугой ГСО в любой точке на поверхности Земли в интервале ΔL .

В каждой точке зоны обслуживания НГСО спутника уровень п.п.м. зависит от:

- конфигурации точечных лучей, с помощью которых ведется передача со спутника;
- максимального числа лучей на совпадающей частоте, с помощью которых может вестись одновременная передача;
- максимального числа лучей на совпадающей частоте для совпадающей поляризации, с помощью которых может вестись одновременная передача;
- максимальной мощности, доступной на спутниковом ретрансляторе.

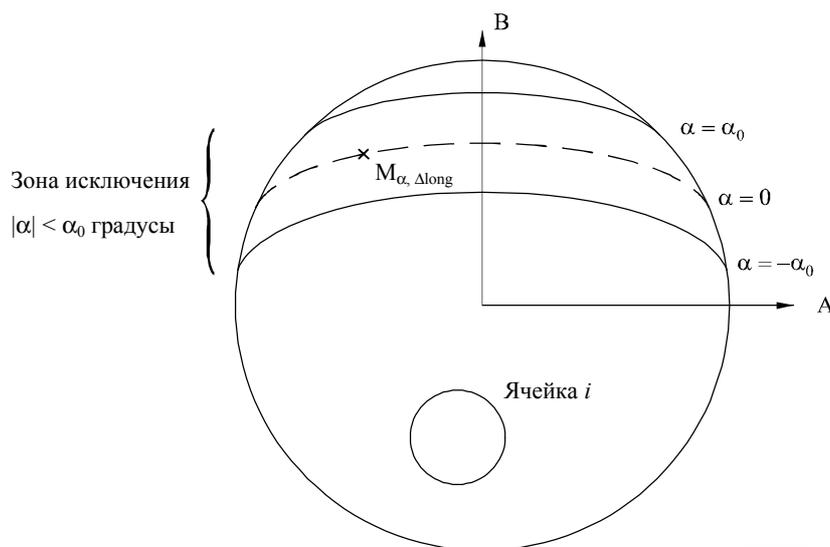
Предлагаемая методика для расчета маски п.п.м. объясняется в указанных ниже шагах:

Шаг 1: В любое заданное время в поле зрения НГСО космической станции, N_{total} – это максимальное число ячеек, которое можно увидеть при минимальном угле места службы.

Шаг 2: В поле зрения НГСО космической станции можно провести линии iso- α , то есть точки на поверхности Земли, которые соответствуют одному и тому же значению угла α (см. рисунки 10 и 11).

РИСУНОК 10

Поле зрения НГСО космической станции (вариант 1)



Шаг 3: Вдоль линии iso- α определите интервалы ΔL : разность по долготе между подспутниковой точкой НГСО и точкой на дуге ГСО, где угол α (или X) минимален.

Шаг 4: Для каждого интервала ΔL линия iso- α может быть определена с помощью набора n точек $M_{\alpha k}$ для $k = 1, 2, \dots, n$. Для определения максимальной п.п.м., соответствующей заданному значению α , необходимо вычислить максимальную п.п.м. в каждой из точек $M_{\alpha k}$ для $k = 1, 2, \dots, n$. Максимальная п.п.м. в заданной точке $M_{\alpha k}$ определяется путем установления сначала вкладов в п.п.м. от каждой ячейки i в направлении $M_{\alpha k}$, принимая во внимание зависимость диаграмм направленности боковых лепестков от угла наклона луча. Затем максимальные вклады п.п.м. в направлении $M_{\alpha k}$ суммируются, причем число вкладов определяется физическими ограничениями космической станции:

- Из N_{total} ячеек, которые можно видеть в пределах зоны покрытия космической станции при минимальном угле места для связи, только N_{co} ячеек может быть облучено в полосе частот одной и той же ширины, для одного вида поляризации, и N_{cross} – для другого вида поляризации. Это вызвано ограничениями антенной системы на НГСО космической станции.

Шаг 7: Расположение линии iso- α , а следовательно, значение максимальной п.п.м. вдоль этой линии зависит от широты подспутниковой точки НГСО. Поэтому необходимо будет обеспечить набор масок п.п.м., каждая из которых соответствует заданной широте подспутниковой точки.

Шаг 8: Может потребоваться набор масок п.п.м. (по одной на НГСО спутник).

2.4.2 Вариант 2

Маска п.п.м. определяется в сетке азимутов и углов места на широте подспутниковой точки НГСО.

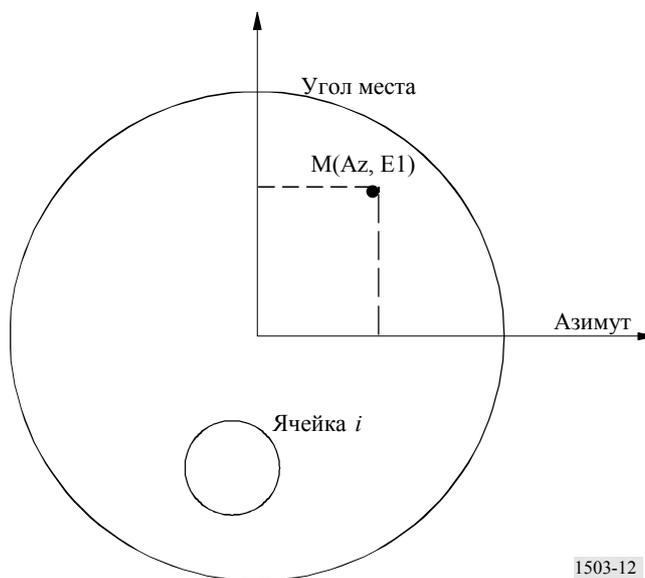
Назначение этой маски – определить максимально возможный уровень п.п.м., излучаемой НГСО космической станцией, в этой сетке азимутов и углов места.

В каждой точке зоны обслуживания НГСО спутника уровень п.п.м. зависит от:

- конфигурации точечных лучей, с помощью которых ведется передача со спутника;
- максимального числа лучей на совпадающей частоте, с помощью которых может вестись одновременная передача;
- максимального числа лучей на совпадающей частоте для совпадающей поляризации, с помощью которых может вестись одновременная передача;
- максимальной мощности, доступной на спутниковом ретрансляторе.

РИСУНОК 12

Поле зрения НГСО космической станции (вариант 2)



Предлагаемая методика для расчета маски п.п.м. объясняется в указанных ниже шагах:

Шаг 1: В любое заданное время в поле зрения НГСО космической станции, N_{total} – это максимальное число ячеек, которое можно увидеть при минимальном угле места для данной службы.

Шаг 2: Для каждой точки $M(Az, El)$ определите максимальную п.п.м. Максимальная п.п.м. в заданной точке $M_{\alpha,k}$ определяется путем установления сначала вкладов в п.п.м. от каждой ячейки i в направлении $M(Az, El)$, принимая во внимание зависимость диаграмм направленности боковых лепестков от угла наклона луча. Затем максимальные вклады п.п.м. в направлении $M_{\alpha,k}$ суммируются, причем число вкладов определяется физическими ограничениями космической станции:

- Из N_{total} ячеек, которые можно видеть в пределах зоны покрытия космической станции при минимальном угле места для связи, только N_{co} ячеек может быть облучено в полосе частот одной и той же ширины, для одного вида поляризации, и N_{cross} – для другого вида

поляризации. Это вызвано ограничениями антенной системы на НГСО космической станции. Чтобы рассчитать маску для одной поляризации, определяются ячейки, которые могут быть облучены для этой поляризации, а уровень кроссполяризации рассматривается для других ячеек.

- Из этих N_{co} и N_{cross} ячеек может быть одновременно обучено только заданное число ячеек. Это вызвано ограничениями системы ретранслятора НГСО космической станции.
- Если возможно, необходимо также разъяснить ограничения в связи со схемами повторного использования частот и повторного использования поляризации.
- Если применимо, мощность, распределенная на одну ячейку, может изменяться с учетом, например, угла места относительно этой ячейки.

Шаг 3: При расчете маски п.п.м. необходимо также правильно учитывать применяемые в рамках НГСО системы методы снижения помех.

Что касается использования нерабочей зоны вокруг дуги ГСО, существуют по крайней мере три различных способа моделирования НГСО системы, основанных на сотовой архитектуре:

- наблюдение нерабочей зоны по всей ячейке: луч отключается, когда одна точка на Земле видит НГСО спутник в пределах угла α_0 дуги ГСО. В этом конкретном случае любой луч, охватывающий ячейку, которая пересекается линией iso- α , соответствующей значению $|\alpha| \leq \alpha_0$, отключается;
- наблюдение нерабочей зоны в центре ячейки: луч отключается, когда из центра ячейки виден НГСО спутник в пределах угла α_0 дуги ГСО. В этом случае любой луч, охватывающий ячейку, центр которой находится внутри нерабочей зоны, ограниченной двумя линиями iso- α_0 , отключается;
- если выбирается система координат, определяемая спутником: луч НГСО космической станции отключается, когда угол X меньше, чем X_0 . Эталонный угол X – это угол между линией, проектируемой от дуги ГСО через НГСО космическую станцию к земле, и линией от НГСО космической станции до края луча НГСО станции.

Шаг 4: Может оказаться необходимым обеспечение набора масок п.п.м. в функции широты подспутниковой точки.

Шаг 5: Может потребоваться набор масок п.п.м. (по одной на НГСО спутник).

3 Расчет масок э.и.и.м.

3.1 Расчет масок э.и.и.м. земной станции

3.1.1 Общее представление

Маска э.и.и.м. земной станции определяется уровнем максимальной э.и.и.м., создаваемой земной станцией, в функции внеосевого угла.

НГСО земная станция расположена в ячейке НГСО, которая обслуживается максимальным числом НГСО космических станций.

В качестве входных данных в расчетах используется также плотность НГСО земных станций, которые могут работать одновременно на совпадающей частоте.

3.1.2 Описание методов снижения помех

В этом разделе должен быть правильно объяснен метод снижения помех, реализуемый в пределах НГСО системы; это позволит полностью его моделировать при расчете э.п.п.м.↑ (см. § 2.2 части С).

3.1.3 Диаграмма направленности антенны земной станции

Для расчета маски э.и.и.м. земной станции необходимо определить диаграмму направленности антенны земной станции.

3.1.4 Методика

Шаг 1: Маска э.и.и.м. земной станции определяется уровнем максимальной э.и.и.м., излучаемой в эталонной полосе частот земной станцией, в функции внеосевого угла и имеет вид:

$$ES_EIRP(\theta) = G(\theta) + P,$$

где:

- ES_EIRP: эквивалентная изотропная излучаемая мощность в эталонной полосе частот (дБ(Вт/BW_{ref}));
- θ : угол разноса между НГСО космической станцией и ГСО космической станцией на НГСО земной станции (градусы);
- G(θ): усиление направленной антенны земной станции (дБи);
- P: максимальная мощность, подаваемая в антенну, в эталонной полосе частот (дБ(Вт/BW_{ref}));
- BW_{ref}: эталонная ширина полосы (кГц).

Шаг 2: Предполагая, что ячейки НГСО равномерно распределены на поверхности Земли, одновременно передающие на совпадающей частоте НГСО земные станции также равномерно распределены по ячейке. Поэтому для осуществления моделирования источник помех может быть размещен в центре ячейки.

3.2 Расчет масок э.и.и.м. космической станции

Маска э.и.и.м. космической станции определяется уровнем максимальной э.и.и.м., создаваемой НГСО космической станцией, в функции внеосевого угла между опорным направлением эталонной НГСО космической станции и направлением на ГСО космическую станцию.

3.2.1 Методика

Маска э.и.и.м. космической станции определяется уровнем максимальной э.и.и.м., излучаемой в эталонной полосе частот космической станцией, в функции внеосевого угла и имеет вид:

$$NGSO_SS_EIRP(\theta) = G(\theta) + P,$$

где:

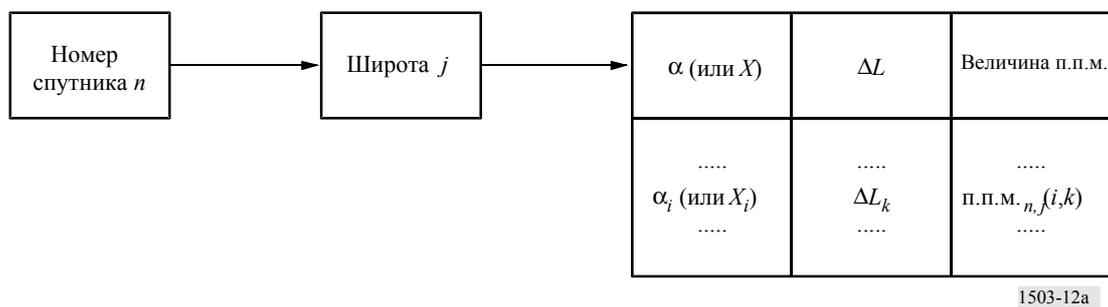
- NGSO_SS_EIRP: эквивалентная изотропная излучаемая мощность в эталонной полосе частот (дБ(Вт/BW_{ref}));
- θ : угол разноса между опорным направлением НГСО космической станции и направлением ориентации ГСО космической станции (градусы);
- G(θ): диаграмма усиления антенны космической станции (дБи), соответствующая сумме всех лучей;
- P: максимальная мощность в эталонной полосе частот (дБ(Вт/BW_{ref}));
- BW_{ref}: эталонная ширина полосы (кГц).

4 Формат маски п.п.м.

Эта структура позволяет администрации, если требуется, предоставлять данные с меньшими степенями свободы (размерность маски п.п.м. меньше 4). Используемый подход будет определяться форматом файла.

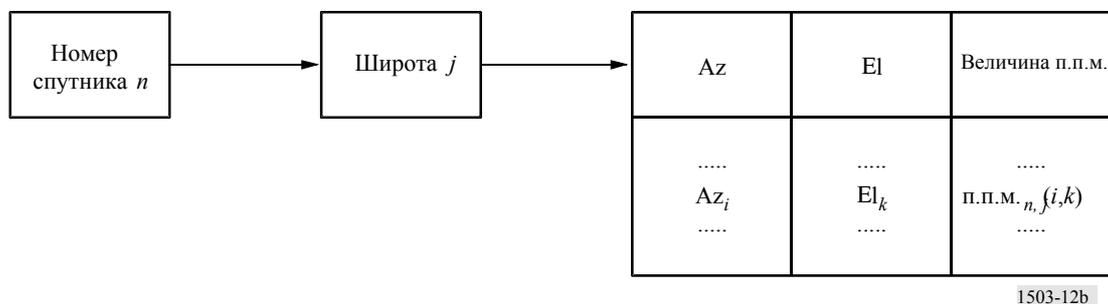
4.1 Вариант 1

Формат базы данных четырехмерной маски п.п.м. должен иметь следующий вид:



4.2 Вариант 2

Формат базы данных четырехмерной маски п.п.м. должен иметь следующий вид:



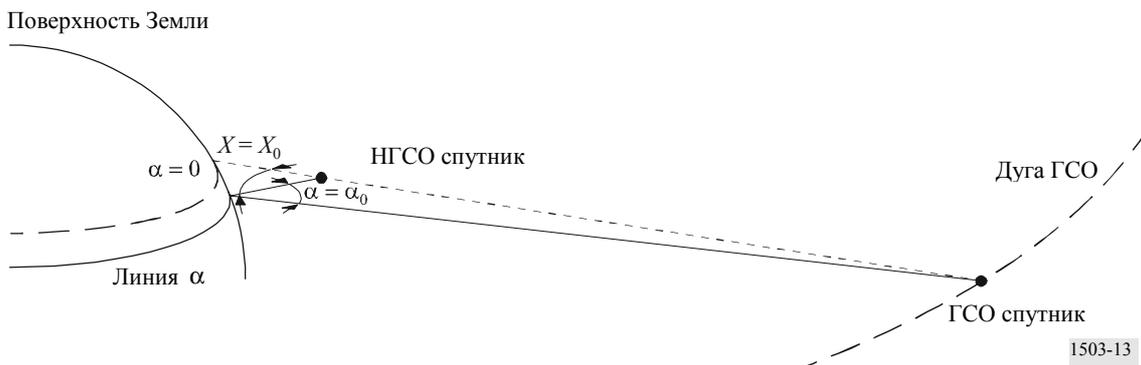
ЧАСТЬ С'

Местоположение ГСО сети с максимальной э.п.п.м.

1 Местоположение ГСО земной станции с максимальной э.п.п.м., наведенной на ГСО спутник, для расчета э.п.п.м.↓

Решение, предлагаемое для определения местоположения ГСО земной станции с максимальной э.п.п.м., основано на маске п.п.м., задаваемой широтой НГСО космической станции, углом α к дуге ГСО (или углом X спутника) (см. рисунок 13), а также абсолютным значением разности между долготой ГСО спутника и долготой подспутниковой точки $\Delta long$ НГСО.

РИСУНОК 13
Представление ситуации с максимальной э.п.п.м.

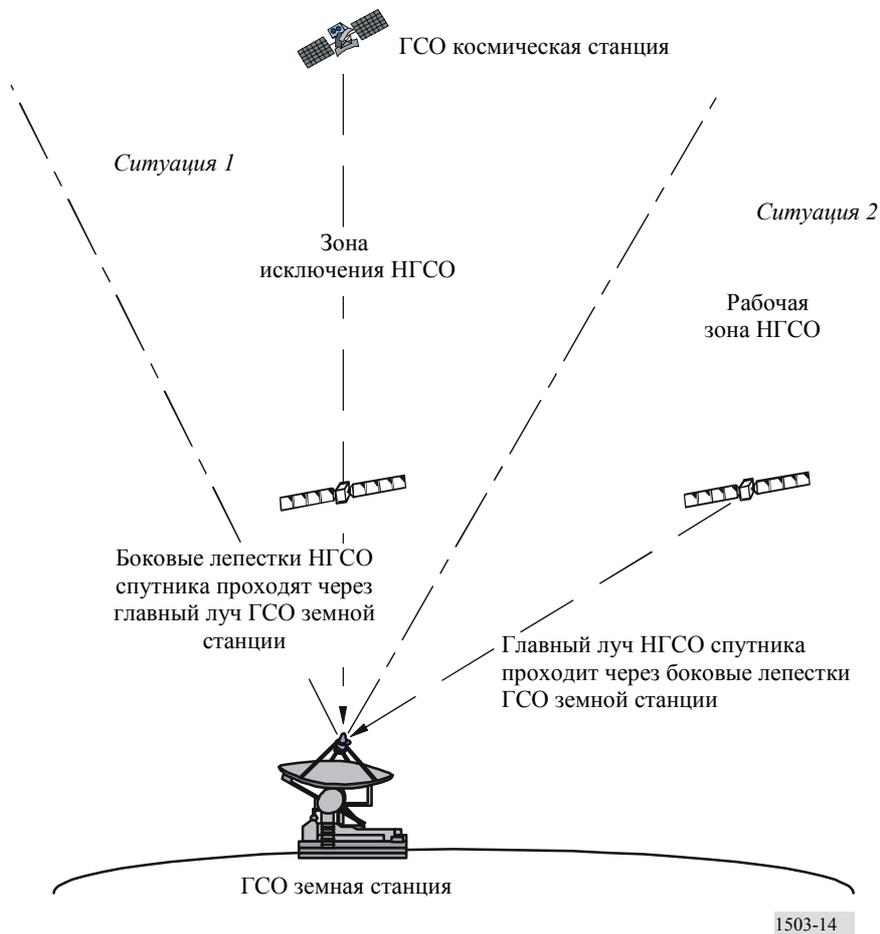


Для того чтобы учесть различные значения, которые могут принимать предельные уровни по Статье 22 РР для разных широт, максимальную э.п.п.м. по всему данному разделу следует понимать как максимальный предельный уровень э.п.п.м.

Наибольшие пиковые уровни помех на линии вниз могут наблюдаться либо:

- Ситуация 1:* когда излучение через боковые лепестки НГСО спутника проходит через главный луч ГСО земной станции, либо
- Ситуация 2:* когда главный луч НГСО спутника проходит через боковые лепестки ГСО земной станции.

РИСУНОК 14
Представление двух ситуаций с геометрией максимального уровня э.п.п.м.



Максимальная э.п.п.м.↓ имеет место в ситуации 1 только в случаях, когда НГСО спутники работают на передачу в зоне исключения. Максимальная э.п.п.м.↓ в ситуации 2 может наблюдаться независимо от того, работают или нет НГСО спутники в зоне исключения.

Вопрос о том, будет ли максимальная э.п.п.м.↓ наблюдаться в ситуации 1 или в ситуации 2 для НГСО спутников, работающих в зоне исключения, зависит от того, какой из следующих уровней является наибольшим для рассматриваемой НГСО системы:

- п.п.м. ($\alpha = 0$ (или $X = 0$), ΔL)
- п.п.м. ($\alpha = \alpha_0$ (или $X = X_0$), ΔL) $\cdot G(\theta)/G_{max}$,

где:

θ : внеосевой угол на ГСО земной станции;

α_0 : угол между дугой ГСО и НГСО спутником на краю угла исключения.

1.1 НГСО система со спутниками, работающими в зоне исключения

Наихудший случай, в смысле степени воздействия, помехи от НГСО определяется максимальной помехой одного спутника.

Ситуация 1: Максимальная э.п.п.м.↓ для ситуации помех "по линии".

Случай помех "по линии" для помехи от одного спутника наблюдается, когда НГСО спутник находится в зоне действия главного луча ГСО земной станции, то есть когда $\alpha = 0$ (или $X = 0$). Однако этот период может занимать в принципе до половины временного интервала.

Для определения разности по долготе $\Delta long$ (абсолютное значение) и широты подспутниковой точки, в которой наблюдается максимальная п.п.м. для $\alpha = 0$ (или $X = 0$), может быть рассмотрена маска п.п.м. на линии вниз.

Пересечение линии $\alpha = 0$ (или $X = 0$) с Землей определяет совокупность мест с максимальной э.п.п.м.↓.

Ситуация 2: Максимальная э.п.п.м.↓ для ситуации, когда главный луч НГСО спутника проходит через боковые лепестки антенны ГСО земной станции.

Методика, используемая для получения ситуации с максимальной э.п.п.м.↓, та же, что и для случая неработающего НГСО спутника в зоне исключения.

1.2 НГСО система со спутниками, не работающими в зоне исключения

Максимальная э.п.п.м.↓ для помехи от одного спутника наблюдается в случаях, когда НГСО спутник находится на самом близком расстоянии от зоны исключения ГСО земной станции, то есть когда $\alpha = \pm\alpha_0$ (или $X = \pm X_0$).

Для определения разности по долготе $\Delta long$ (абсолютное значение) и широты подспутниковой точки, в которой наблюдается максимальная п.п.м. для $\alpha = \pm\alpha_0$ (или $X = \pm X_0$), может быть рассмотрена маска п.п.м. на линии вниз.

Поэтому данный критерий определяет широту НГСО спутника, вносящего вклад в максимальную э.п.п.м.↓, $Lat(НГСО)$, и разность между долготой подспутниковой точки НГСО и долготой ГСО спутника, если это имеет место.

Места расположения ГСО земных станций далее определяются точками на Земле, для которых угол между НГСО спутником и ГСО спутником равен α_0 (X_0).

1.3 Алгоритм для нахождения мест с максимальной э.п.п.↓

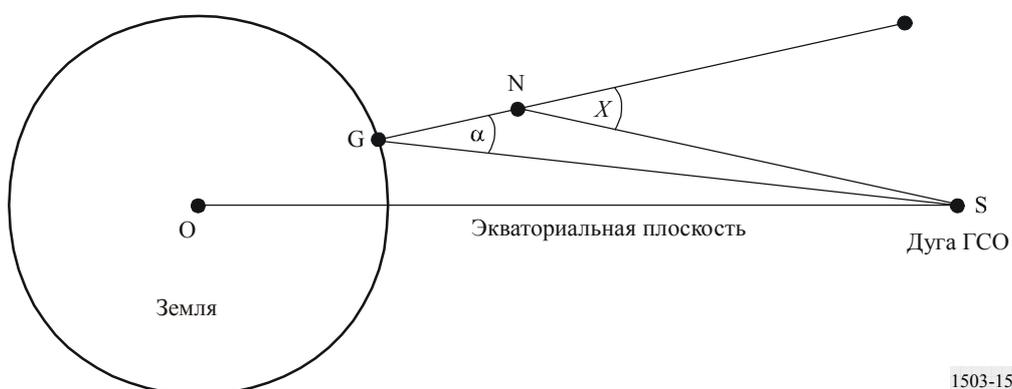
В этом разделе описывается алгоритм для расчета геометрии наихудшего случая. Данный алгоритм разделяется на субалгоритмы для трех способов определения масок п.п.м.:

- маска п.п.м., основанная на $(\alpha, \Delta\text{long})$;
- маска п.п.м., основанная на $(X, \Delta\text{long})$;
- маска п.п.м., основанная на (азимуте, угле места).

На рисунке 15 показана геометрия, используемая для случаев углов α и X .

РИСУНОК 15

Алгоритм геометрии для наихудшего случая э.п.п.



1503-15

Далее в тексте описывается метод для расчета наибольшей э.п.п. и расположения НГСО спутника.

Наибольшая э.п.п. (HighestEPFD)

для каждого из прогонов, требующих применения геометрии наихудшего случая

если тип маски п.п.м. группировки = углам AzEl то

запросить HighestEPFD_AzEl

или если тип маски п.п.м. группировки = углу альфа то

запросить HighestEPFD_Alpha

или если тип маски п.п.м. группировки = углу X то

запросить HighestEPFD_X

или

сообщить об ошибке "Неизвестный тип маски п.п.м."

конец, если

конец для всех прогонов

HighestEPFD_AzEl

выбрать модель орбиты для группировки исключая влияние системы удержания станций на орбите
 для всех спутников группировки в порядке перечисленном в базе данных МСЭ
 определить маску п.п.м. для использования с этим спутником
 для всех широт где маска п.п.м. действительна начиная с самой низкой
 используя модель орбиты определить время T когда спутник впервые достигает этой широты
 используя модель орбиты определить точку N спутника в момент T
 для всех углов места в маске п.п.м. для этой широты начиная с наименьшего
 для всех углов азимута в маске п.п.м. для этой широты начиная с наименьшего
 провести линию L в направлении (az, el) от выбранного спутника
 определить пересекает ли линия L сферическую Землю
 если линия L пересекает Землю то
 установить точку G где линия L пересекает сферическую Землю
 вычислить угол альфа α в точке G в направлении спутника N
 для этого α вычислить соответствующую позицию S на дуге ГСО
 вычислить усиление приема $Gain(\alpha)$ используя подходящую диаграмму усиления
 вычислить э.п.п.м. $_{max}(az, el) = Gain(\alpha) + \text{п.п.м.}(az, el)$
 определить максимальную э.п.п.м. $_{limit}$ из таблиц Статьи 22 для широты G
 если $[\text{э.п.п.м.}_{max}(az, el) - \text{э.п.п.м.}_{limit}]$ превышает любое рассчитанное ранее значение то
 запомнить этот конкретный набор (S, G)
 конец, если
 конец, если
 конец для всех азимутов
 конец для всех углов места
 конец для всех широт
 конец для всех спутников
 если выбран набор (S, G) то
 расположить ГСО ЗС на позиции G
 расположить ГСО спутник на позиции S
 или
 сообщить что местоположение наибольшей э.и.и.м. (az, el) не найдено
 конец, если

HighestEPFD_Alpha

выбрать модель орбиты для группировки исключая влияние системы удержания станций на орбите
 для всех спутников группировки в порядке перечисленном в базе данных МСЭ
 определить маску п.п.м. для использования с этим спутником
 для всех широт где маска п.п.м. действительна начиная с самой низкой
 используя модель орбиты определить время T когда спутник впервые достигает этой широты
 используя модель орбиты определить точку N спутника в момент T
 для всех значений $\Delta long$ для которых $\alpha = 0$ начиная с наименьшего
 вычислить точку S на дуге ГСО с требуемым значением $\Delta long$ от N
 провести линию L из точки S в направлении точки N
 определить, пересекает ли линия L сферическую Землю
 если линия L пересекает Землю то
 установить точку G где линия L пересекает сферическую Землю

вычислить $\text{э.п.п.м.}_{\max}(\alpha, \Delta\text{long}) = \text{п.п.м.}(0, \Delta\text{long})$

определить максимальную $\text{э.п.п.м.}_{\text{limit}}$ из таблиц Статьи 22 для широты G

если $[\text{э.п.п.м.}_{\max}(\alpha, \Delta\text{long}) - \text{э.п.п.м.}_{\text{limit}}]$ превышает любое рассчитанное ранее значение то
запомнить этот конкретный набор (S, G)

конец, если

конец, если

конец для всех значений Δlong

для всех значений Δlong для которых $\alpha = \alpha_0$ (размер зоны исключения) начиная с наименьшего

определить точку $(u)G$ для которой угол $NGS =$ минимальному углу к дуге ГСО α

и разность по долготе между N и $S = \Delta\text{long}$

если найдена точка $(u)G$ то

взять точку G с самой высокой широтой

вычислить усиление приема $\text{Gain}(\alpha)$ используя подходящую диаграмму усиления

вычислить $\text{э.п.п.м.}_{\max}(\alpha, \Delta\text{long}) = \text{Gain}(\alpha) + \text{п.п.м.}(\alpha, \Delta\text{long})$

определить максимальную $\text{э.п.п.м.}_{\text{limit}}$ из таблиц Статьи 22 для широты G

если $[\text{э.п.п.м.}_{\max}(\alpha, \Delta\text{long}) - \text{э.п.п.м.}_{\text{limit}}]$ превышает любое рассчитанное ранее значение то
запомнить этот конкретный набор (S, G)

конец, если

конец, если

конец для всех значений Δlong

конец для всех широт

конец для всех спутников

если выбран набор (S, G) то

расположить ГСО ЗС на позиции G

расположить ГСО спутник на позиции S

или

сообщить что местоположение с наибольшей $\text{э.и.и.м.}(\alpha)$ не найдено

конец, если

HighestEPFD_X

выбрать модель орбиты для группировки исключая влияние системы удержания станций на орбите

для всех спутников группировки в порядке перечисленном в базе данных МСЭ

определить маску п.п.м. для использования с этим спутником

для всех широт где маска п.п.м. действительна начиная с самой низкой

используя модель орбиты определить время T когда спутник впервые достигает этой широты

используя модель орбиты определить точку N спутника в момент T

для всех значений Δlong для которых $X = 0$, начиная с наименьшего

вычислить точку S на дуге ГСО с требуемым значением Δlong от N

провести линию L из точки S в направлении точки N

определить пересекает ли линия L сферическую Землю

если линия L пересекает Землю то

установить точку G где линия L пересекает сферическую Землю

вычислить $\text{э.п.п.м.}_{\max}(X, \Delta\text{long}) = \text{п.п.м.}(0, \Delta\text{long})$

определить максимальную $\text{э.п.п.м.}_{\text{limit}}$ из таблиц Статьи 22 для широты G ,

если $[\text{э.п.п.м.}_{\max}(X, \Delta\text{long}) - \text{э.п.п.м.}_{\text{limit}}]$ превышает любое рассчитанное ранее значение то
запомнить этот конкретный набор (S, G)

конец, если
 конец, если
 конец для всех значений ΔLong
 для всех значений ΔLong для которых $X = X_0$ (размер зоны исключения) начиная с наименьшего
 определить точку(и) G для которой минимальный угол X к дуге ГСО равен требуемому значению
 и разность по долготе между N и $S = \Delta\text{Long}$
 если найдена точка(и) G то
 взять точку G с самой высокой широтой
 вычислить усиление приема $\text{Gain}(\alpha)$ используя подходящую диаграмму усиления
 вычислить $\text{э.п.п.м.}_{\max}(X, \Delta\text{Long}) = \text{Gain}(\alpha) + \text{п.п.м.}(X, \Delta\text{Long})$
 определить максимальную $\text{э.п.п.м.}_{\text{limit}}$ из таблиц Статьи 22 для широты G
 если [$\text{э.п.п.м.}_{\max}(X, \Delta\text{Long}) - \text{э.п.п.м.}_{\text{limit}}$] превышает любое рассчитанное ранее значение то
 запомнить этот конкретный набор (S, G)
 конец, если
 конец, если
 конец для всех значений ΔLong
 конец для всех широт
 конец для всех спутников
 если выбран набор (S, G) то
 расположить ГСО ЗС на позиции G
 расположить ГСО спутник на позиции S
 или
 сообщить что местоположение с наибольшей э.и.и.м.(X) не найдено
 конец, если

1.3.1 Вычисление S исходя из $(N, \alpha$ или $X, \Delta\text{Long})$

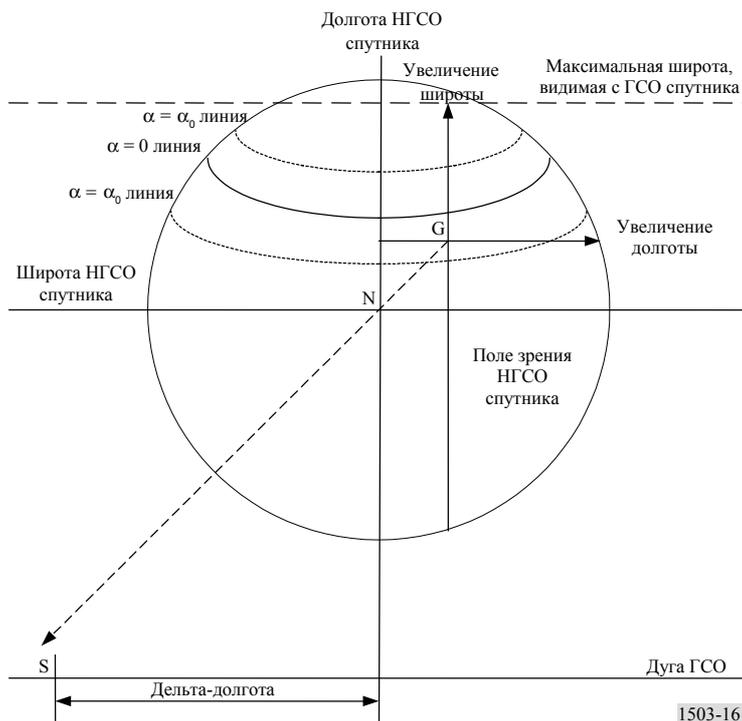
Для построения геометрии наихудшего случая необходимо определить положение земной станции, G , исходя из позиции НГСО спутника, N , и либо $(\alpha, \Delta\text{Long})$, либо $(X, \Delta\text{Long})$. Эту задачу нельзя решить алгебраически и поэтому требуется итерация. В данном разделе описывается один из возможных подходов, основанный на поиске зоны в поле зрения спутника для точки G .

Этот алгоритм может быть применен к углам либо α , либо X , но приводится только версия с углом α . Кроме того, проблема упрощается за счет выбора положительного значения широты N и отрицательного значения ΔLong , как на рисунке 16. После определения G в этом квадранте для получения обобщенного алгоритма могут использоваться регулировки в знаках.

На рисунке 16 показаны линии α , и следует отметить, что:

- в общем случае изменения широты точки G в основном влияют на угол α/X ;
- в общем случае изменения долготы точки G в основном влияют на ΔLong .

РИСУНОК 16

Вычисление G исходя из $(\alpha, \Delta\text{long})$ 

1503-16

Алгоритм в этом случае имеет вид:

Установить долготу = долготе N

Пока не сойдется

Найти широту на указанной долготе для требуемого угла α

Найти долготу на указанной широте для требуемой $\Delta\text{Longitude}$

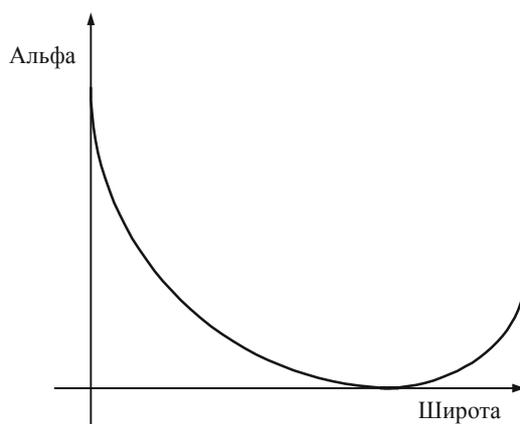
Сравнить $(\alpha, \Delta\text{long})$ в данной точке с требуемыми значениями

Если в пределах требуемой точности то exit loop (выйти из цикла)

Конец

Этап поиска широты может характеризовать изменение α с широтой, что показано на рисунке 17.

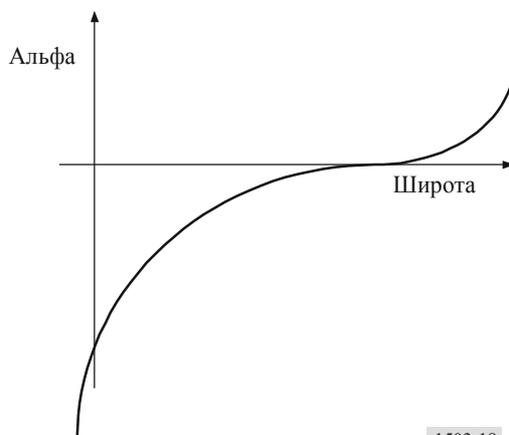
РИСУНОК 17

Изменение α в зависимости от широты

1503-17

При увеличении широты угол α уменьшается до тех пор, пока он не достигнет нуля, а затем увеличивается. Это связано с определением угла α , который всегда должен быть положительным. Однако проще рассматривать монотонно возрастающую функцию, и поэтому полезно может быть поменять знак угла α , как на рисунке 18. Знак может определяться тем, на какой стороне экваториальной плоскости находится точка, ближайшая к точке на дуге ГСО, что сводит к минимуму угол α_i .

РИСУНОК 18

Изменение знака α в зависимости от широты

1503-18

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – В равной степени возможно использование монотонно убывающей функции, то есть когда угол α уменьшается с широтой.

Эта монотонная функция может затем изучаться с использованием поиска посредством деления пополам. Верхняя и нижняя широты могут быть получены из:

- минимального значения из двух широт (наибольшая широта на требуемой долготе, видимая со спутника на позиции N с высотой h) и (наибольшая широта, видимая с дуги ГСО);
- наименьшая широта на требуемой долготе, видимая со спутника на позиции N с высотой h .

Для данного угла α возможны два решения, одно – с широтой выше той, где $\alpha = 0$, а другое – с широтой ниже.

Аналогичный подход может использоваться при определении долготы для Δlong .

Некоторые комбинации (α , Δlong) неприемлемы для позиции G . В частности, это возможно для случая выбора угла α выше линии $\alpha = 0$.

1.3.2 Расчет позиции НГСО спутника

Ключевым аспектом геометрии наихудшего случая является определение момента времени, когда спутник первый раз достигает заданной широты. Для того чтобы все реализации занимали одну и ту же позицию N для данного спутника и требуемой широты, может использоваться приведенный ниже алгоритм.

установить t = время начала прогона

определить $Lat(0)$ = широта спутника в момент времени (t)

Пока не сходятся

увеличить t на временной шаг

рассчитать позицию спутника в момент времени (t)

определить $Lat(t)$ = широта спутника в момент времени (t)

если $Lat(0)$ и $Lat(t)$ охватывают требуемую широту то

уменьшить t на временной шаг (то есть установить предыдущие позиции)

разделить временной шаг на 2

если (временной шаг ≤ 1 мс) то прервать цикл

конец, если

Конец

2 Определение местоположения в ГСО сети для максимальной э.п.п.м.↑

Э.п.п.м.↑, создаваемая излучениями всех земных станций НГСО системы, работающих в ФСС, оценивается в любой точке геостационарной дуги.

В ограниченный период прогона программы невозможно рассчитать статистику э.п.п.м.↑ для всех возможных местоположений космических станций и направлений наведения. Таким образом, необходимо установить метод для определения места, где наблюдается максимальная э.п.п.м.↑.

Э.п.п.м.↑ зависит от плотности НГСО земных станций, которые видны с ГСО космической станции с учетом апертуры ее антенны.

Разность в потерях излучения от ГСО космической станции для условий свободного пространства между НГСО земной станцией в подспутниковой точке ГСО и НГСО земной станцией для угла места 10° составляет примерно 1,2 дБ, что является величиной второго порядка по сравнению с плотностью НГСО земных станций.

Между тем, чем дальше ориентирован ГСО спутник от подспутниковой точки, тем больше размер луча, освещающего землю. В случае, когда учитывается избирательность антенны ГСО спутника, направление ориентирования максимальной э.п.п.м.↑ соответствует ситуации, когда в пределах ГСО зоны покрытия наблюдается высокая плотность НГСО земных станций и максимальное число станций, вносящих свой вклад в помехи через дальние боковые лепестки.

Поэтому максимальная э.п.п.м.↑ будет наблюдаться для ГСО космической станции, ориентированной в направлении, удаленном от подспутниковой точки.

В этом случае ГСО космическая станция, расположенная на долготе 50° в. д. и ориентированная в направлении $42,5^\circ$ с. ш., соответствует одному из местоположений с максимальной э.п.п.м.↑. Этот расчет был получен в предположении, что край зоны покрытия соответствует углу места 10° и что используется апертура 4° ГСО антенны в диапазоне 14/11 ГГц.

ГСО земная станция находится на пересечении:
сферы, соответствующей уравнению (5):

$$x^2 + y^2 + z^2 = R_e^2 \quad (5)$$

и линии, проходящей через ГСО спутник и НГСО спутник:

$$\vec{GP} = k \cdot \vec{GN} \quad \text{при } k \in \mathfrak{R},$$

то есть:

$$\begin{bmatrix} x - x_G = k(x_N - x_G) \\ y - y_G = k(y_N - y_G) \\ z - z_G = k(z_N - z_G) \end{bmatrix}. \quad (6)$$

Уравнения (5) и (6) приводят к уравнению:

$$(x_G + k(x_N - x_G))^2 + (y_G + k(y_N - y_G))^2 + (z_G + k(z_N - z_G))^2 = R_e^2,$$

тогда:

$$\begin{aligned} & k^2((x_N - x_G)^2 + (y_N - y_G)^2 + (z_N - z_G)^2) + 2k(x_G(x_N - x_G) + y_G(y_N - y_G) + z_G(z_N - z_G)) \\ & + x_G^2 + y_G^2 + z_G^2 = R_e^2. \end{aligned} \quad (7)$$

Уравнение (7) имеет два решения: k_1 и k_2 определяются следующим образом:

Если:

$$\Delta = 4(x_G(x_N - x_G) + y_G(y_N - y_G) + z_G(z_N - z_G))^2 - 4((x_N - x_G)^2 + (y_N - y_G)^2 + (z_N - z_G)^2)((x_G^2 + y_G^2 + z_G^2) - R_e^2)$$

в этом случае:

$$k_1 = \frac{-2(x_G(x_N - x_G) + y_G(y_N - y_G) + z_G(z_N - z_G)) - \sqrt{\Delta}}{2((x_N - x_G)^2 + (y_N - y_G)^2 + (z_N - z_G)^2)}$$

и

$$k_2 = \frac{-2(x_G(x_N - x_G) + y_G(y_N - y_G) + z_G(z_N - z_G)) + \sqrt{\Delta}}{2((x_N - x_G)^2 + (y_N - y_G)^2 + (z_N - z_G)^2)}.$$

Позиция ГСО земной станции может выражаться в виде или:

$$\begin{bmatrix} x = k_1(x_N - x_G) + x_G \\ y = k_1(y_N - y_G) + y_G \\ z = k_1(z_N - z_G) + z_G \end{bmatrix} \quad \text{или} \quad \begin{bmatrix} x = k_2(x_N - x_G) + x_G \\ y = k_2(y_N - y_G) + y_G \\ z = k_2(z_N - z_G) + z_G \end{bmatrix}$$

Правильной позицией ГСО земной станции является та позиция, для которой:

$$\left\| \vec{PG} \right\| \text{ является минимальной величиной и будет записано, только если } \left\| \vec{NG} \right\| < \left\| \vec{PG} \right\|$$

То есть:

$(x_N - x)^2 + (y_N - y)^2 + (z_N - z)^2$ должно быть минимальным и точка P записывается, только если:

$$(x_G - x_N)^2 + (y_G - y_N)^2 + (z_G - z_N)^2 < (x_G - x)^2 + (y_G - y)^2 + (z_G - z)^2.$$

3 Геометрия максимальной э.п.п.↓ для помеховой ситуации "не по линии"

3.1 Использование угла

В этом случае максимальная э.п.п.↓ наблюдается для ГСО земной станции, размещенной в точке на поверхности Земли, для которой угол между НГСО спутником и ГСО спутником равен α_0 .

Система уравнений, условия которых должны быть выполнены для определения местоположения ГСО земной станции, тогда имеет вид:

$$\cos \alpha_0 = \frac{\overrightarrow{GN} \cdot \overrightarrow{GS}}{\|\overrightarrow{GN}\| \cdot \|\overrightarrow{GS}\|} \quad (8)$$

и

$$\sin \alpha_0 = \frac{\|\overrightarrow{GN} \times \overrightarrow{GS}\|}{\|\overrightarrow{GN}\| \cdot \|\overrightarrow{GS}\|}. \quad (9)$$

Неизвестными параметрами этого набора уравнений являются (x, y, z) , координаты ГСО земной станции в геоцентрической системе координат. Поскольку (x, y, z) зависят только от широты и долготы ГСО земной станции, число неизвестных параметров может быть уменьшено до двух посредством изменений системы координат:

$$x = R_e \cos(\text{lat}) \cos(\text{long})$$

$$y = R_e \cos(\text{lat}) \sin(\text{long})$$

$$z = R_e \sin(\text{lat}).$$

Набор уравнений (8) и (9) содержит два неизвестных параметра и поэтому имеет единственное решение.

3.2 Использование угла X

В этом случае максимальная э.п.п.↓ наблюдается для ГСО земной станции, расположенной в точке на поверхности Земли, для которой угол на НГСО спутнике между ГСО земной станцией и проекцией линии от ГСО спутника через НГСО спутник до поверхности Земли равен X_0 .

Если $P_{in-line}$ – проекция линии от ГСО спутника через НГСО спутник до поверхности Земли, то тогда система уравнений, условия которых должны быть выполнены для определения местоположения ГСО земной станции, имеет вид:

$$\cos X_0 = \frac{\overrightarrow{NG} \cdot \overrightarrow{NP_{in-line}}}{\|\overrightarrow{NG}\| \cdot \|\overrightarrow{NP_{in-line}}\|} \quad (10)$$

и

$$\sin X_0 = \frac{\overrightarrow{NG} \cdot \overrightarrow{NP_{in-line}}}{\|\overrightarrow{NG}\| \cdot \|\overrightarrow{NP_{in-line}}\|}. \quad (11)$$

Набор уравнений (10) и (11) содержит два неизвестных параметра и имеет, следовательно, одно решение.

ЧАСТЬ D

Программное обеспечение для рассмотрения заявок на регистрацию НГСО систем

1 Введение

1.1 Сфера рассмотрения

Данный раздел представляет части документа с требованиями к программному обеспечению (SRD) для компьютерной программы, которая может использоваться БР для определения того, удовлетворяет ли предложенная администрацией конкретная система НГСО предельным уровням э.п.п.м. В этом разделе рассматриваются два подхода: временное моделирование, при котором уровни помех оцениваются для каждого временного шага, и аналитический метод, при котором уровни помех оцениваются в приращениях позиции (широта и долгота) эталонного спутника (см. § 6 части D).

1.2 Предпосылки

В этом разделе предполагается использование следующих подходов:

расчет э.п.п.м.↓: Каждый НГСО спутник характеризуется маской п.п.м., и значение п.п.м. для каждого спутника используется для расчета суммарной э.п.п.м.↓ на земной станции ГСО системы. Такой расчет повторяется для ряда временных шагов (или позиций эталонного спутника при использовании аналитического метода), до тех пор пока не будет получено распределение э.п.п.м.↓. Это распределение можно затем сравнить с предельными уровнями для вынесения решения "go/no go" (тест прошел/не прошел).

расчет э.п.п.м.↑: На поверхности Земли расположены соответствующим образом распределенные НГСО земные станции. Каждая земная станция ориентирована в направлении НГСО спутника с применением правил ориентирования для данной группировки и ведет передачу с определенной э.и.и.м. Исходя из этой э.и.и.м. и внеосевой диаграммы усиления для каждой земной станции можно вычислить э.п.п.м.↑ на ГСО. Такой расчет повторяется для ряда временных шагов (или позиций эталонного спутника при использовании аналитического метода) до получения распределения э.п.п.м.↑. Это распределение можно затем сравнить с предельными уровнями для вынесения решения "go/no go".

расчет э.п.п.м._{мс}: Исходя из э.и.и.м. и внеосевой диаграммы усиления для каждой земной станции можно вычислить э.п.п.м._{мс} на ГСО. Такой расчет повторяется для ряда временных шагов (или позиций эталонного спутника при использовании аналитического метода) до получения распределения э.п.п.м._{мс}. Это распределение можно затем сравнить с предельными уровнями для вынесения решения "go/no go".

Документ SRD содержит подробные алгоритмы, которые позволят любым заинтересованным сторонам реализовать данные расчеты в программном обеспечении без ссылок на какую-либо конкретную методику совершенствования.

1.3 Обзор

Этот раздел включает следующие параграфы:

- § 2: Общие требования алгоритма, например постоянные величины и программная среда
- § 3: Определяет алгоритм э.п.п.м.↓
- § 4.1: Определяет алгоритм э.п.п.м.↑
- § 4.2: Определяет алгоритм э.п.п.м.мс
- § 5: Определяет основную геометрию и алгоритмы, используемые в расчетах обоих уровней э.п.п.м., включая диаграммы усиления
- § 6: Представляет подробные сведения об аналитическом методе
- § 7: Представляет выходные форматы и процедуру вынесения решения "go/no-go"

Следует отметить, что когда квадратные скобки включаются как часть названия параметра, это означает индекс в массиве, а не временный текст.

1.4 Перекрестные ссылки

Этот раздел является частью общего документа, а в нижеследующих частях дается дополнительная информация.

Часть А: Основные ограничения и допущения

Эта часть касается двух основных подходов в SRD, в частности, расчета временного шага для подхода с временным моделированием и выбора приращений долготы и широты эталонного спутника для подхода с применением аналитического метода.

Часть В: Параметры НГСО систем

В этой части дается полный перечень необходимых параметров, из которого поднабор параметров используется в качестве входных данных к разделам программного обеспечения для э.п.п.м.

Часть С: Определение маски п.п.м.

В этой части приведена дополнительная информация относительно определения и формата маски п.п.м., используемой для расчетов э.п.п.м.↓.

Часть С': Геометрия максимальной э.п.п.м.

В этой части приведена информация о том, каким образом рассчитать местоположения ГСО земной станции и спутника, которые приводят к максимальной э.п.п.м.

Часть F: Операционная среда для программного обеспечения

В этой части приведена дополнительная информация о платформных требованиях и об операционной системе, в соответствии с которыми ожидается запуск программного обеспечения.

Часть H: Процедуры для оценки вариантов компьютерных программ

В этой части приведена дополнительная информация о требованиях к пользовательским интерфейсам.

2 Общие требования

2.1 Программная среда

Программное обеспечение должно соответствовать программной среде, определенной в части F.

2.2 Требования к реализации

Критерии, используемые для оценки возможных компьютерных программ, определяются в части Н.

2.3 Интерфейсы программ

Предпочтительно, чтобы программа считывала данные в электронном виде, но она также должна позволять вводить данные с клавиатуры. Выходные данные должны быть даны либо в электронном формате, либо распечатаны через принтер, настроенный для ПК.

2.4 Константы алгоритма

В алгоритмах должны использоваться следующие константы, указанные в части А – Основные ограничения и допущения при моделировании:

- радиус Земли,
- радиус геостационарной орбиты,
- гравитационная постоянная,
- параметр J_2 ,
- скорость света,
- угловая скорость вращения Земли.

2.5 Основные допущения и ограничения

Предполагается, что для определения радиохарактеристик передачи с НГСО спутников используются маски п.п.м. Считается, что Земля является сферой с алгоритмом предсказания орбиты, основанным на одной точечной массе плюс коэффициент J_2 .

Основным ограничением по созданию статистики э.п.м., описанной в § 2.2 части В, является:

Размер бина (элемента дискретизации): $S_B = 0,1$ дБ.

Для того чтобы соответствовать оценочному алгоритму в § 7.13 части D, расчет значений э.п.м. для каждого временного шага должен быть округлен до меньших значений с максимальной точностью 0,1 дБ.

Расчет угла к дуге ГСО, α и X , описанного в § 5.4.2 части D, основан на ряде испытательных точек при заданном разnose между ними.

Разнос между испытательными точками ГСО: GSO_SEPARATION.

2.6 Разнос частот

Разнос частот обычно требуется для оценки уровней э.п.м., поступающей в каждую службу (ФСС и РСС) в каждой из полос частот в пределах той или иной службы. Пусть $F_{\text{(down/up/is)}}$ обозначает список, содержащий набор значений испытываемых частот. Для определения набора значений в списке $F_{\text{(down/up/is)}}$ используется следующая процедура:

Шаг 0: Очистите список $F_{\text{(down/up/is)}}$.

Шаг 1: Для каждой службы (ФСС и РСС) повторите шаг 2.

Шаг 2: Для каждого набора предельных уровней повторите шаг 3.

Шаг 3: Для каждого диаметра антенны повторите шаги 4 и 5.

Шаг 4: Найдите наименьшую частоту, которая используется совместно ГСО и НГСО.

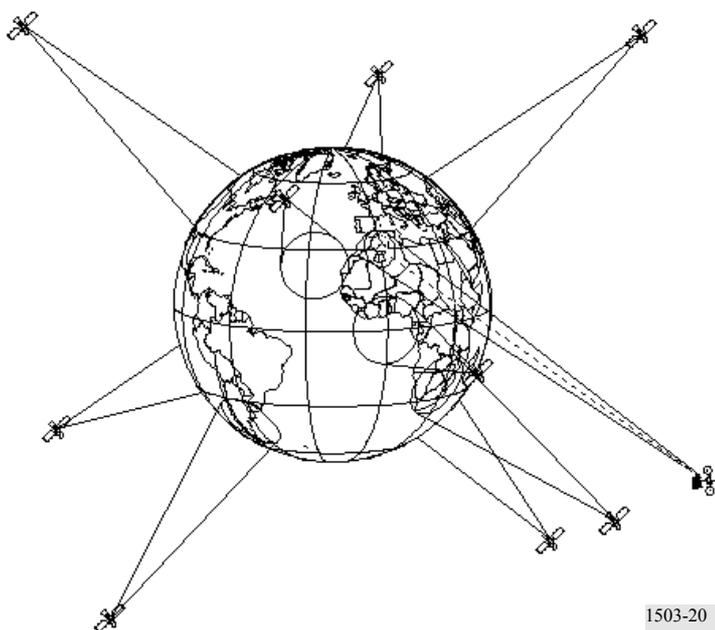
Шаг 5: Добавьте эту частоту к списку испытываемых значений в $F_{\text{(down/up/is)}}$.

3 Описание программного обеспечения э.п.м.↓

В этом разделе описывается алгоритм для расчета значений э.п.м.↓ от НГСО группировки, поступающей в ГСО линию вниз. Предполагается, что каждый НГСО спутник характеризуется маской п.п.м. Исходя из п.п.м. для каждого спутника вычисляется суммарная э.п.м.↓ на земной станции ГСО системы. Такой расчет повторяется для ряда временных шагов (или позиций эталонного спутника при использовании аналитического метода) до тех пор, пока не будет получено распределение э.п.м.↓. Это распределение можно затем сравнить с предельными уровнями для вынесения решения "go/no go".

На рисунке 20 показана геометрия с группировкой НГСО спутников и контрольного ГСО спутника, ведущих передачи на ГСО земную станцию.

РИСУНОК 20



3.1 Параметры конфигурации

В этом подразделе устанавливаются параметры, необходимые для всех расчетов э.п.м.↓, определяемых в РР. Это будет набор данных из N наборов предельных уровней, которые можно использовать на совместной основе между прогонами программы. Данные из таблицы могут быть запрошены так, чтобы требуемые значения могли использоваться в зависимости от частоты системы НГСО.

Эти константы, описанные в § 2.2 части В, таковы:

Название параметра	Значение параметра	Единицы измерения и диапазоны изменения параметра
Начало полосы частот	FSTART_DOWN	ГГц
Конец полосы частот	FEND_DOWN	ГГц
Применимость для Района 1	REGION1_DOWN	Да или нет
Применимость для Района 2	REGION2_DOWN	Да или нет
Применимость для Района 3	REGION3_DOWN	Да или нет
Размер зеркала	GSO_ES_D_ANT	м
Диаграмма усиления	GSO_ES_PATTERN	Одна из диаграмм в § 5.5 части D
Эталонная ширина полосы	REFBW	кГц
Число точек э.п.м.↓	NEPFD_DOWN	–
Массив значений э.п.м.↓ NEPFD_DOWN	EPFD_DOWN[I]	дБ(Вт/(м ² · BW _{ref}))
Массив процентных значений NEPFD_DOWN	PC[I]	%

Из данных массива EPFD_DOWN[I] число бинов и диапазоны бина могут быть вычислены с использованием следующих шагов:

Шаг 1: Вычислите EPFD_DOWN_MIN = минимальному значению в массиве EPFD_DOWN[I].

Шаг 2: Вычислите EPFD_DOWN_MAX = максимальному значению в массиве EPFD_DOWN[I].

Шаг 3: Вычислите EPFD_DOWN_START посредством округления EPFD_DOWN_MIN до ближайших 10 дБ снизу.

Шаг 4: Вычислите EPFD_DOWN_END посредством округления EPFD_DOWN_MAX до ближайших 10 дБ сверху.

Шаг 5: Число бинов = (EPFD_DOWN_END – EPFD_DOWN_START)/ S_B .

Такой расчет определяет набор бинов, имеющих размер S_B (размер бина указан в § 2.5 части D) и расположенных ниже и выше требуемых предельных уровней э.п.м.↓.

3.2 Определение конфигурации с максимальной э.п.м.

Алгоритмы для определения местоположений ГСО земной станции и спутника, соответствующих конфигурации с максимальной э.п.м., приведены в части С'.

3.3 Расчет шагов прогона программы

3.3.1 Подход с временным моделированием

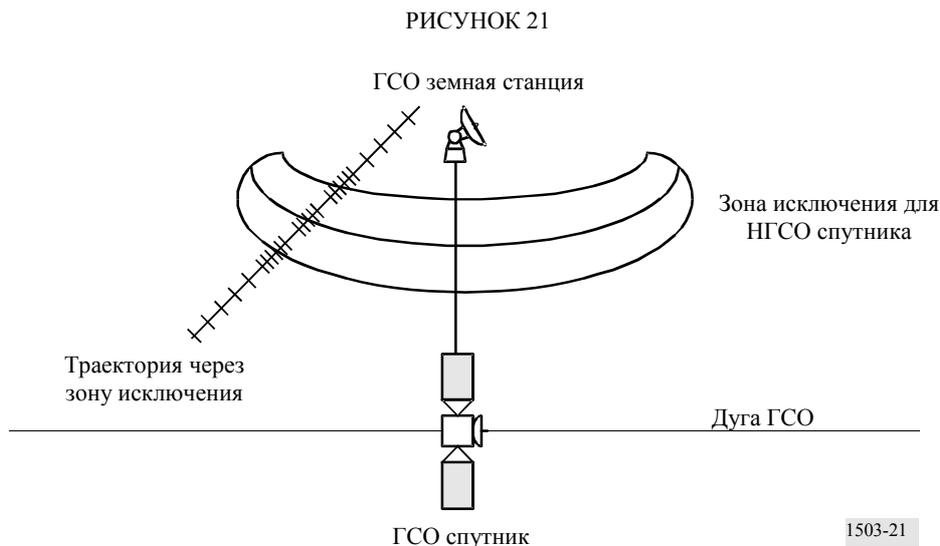
Точное значение временного шага вычисляется с использованием алгоритма в части А наряду с определением числа временных шагов.

Вариант с двумя временными шагами

Для улучшения характеристик моделирования возможен вариант алгоритма, позволяющий реализовать два временных шага. Как правило, используется большой (coarse) временной шаг, кроме случаев, когда расположение какого-либо из НГСО спутников близко к одному из двух условий:

- угол исключения α или $X = 0$;
- угол исключения α или $X =$ край зоны исключения.

На рисунке 21 показаны случаи использования малого временного шага:



Алгоритм в § 3.5.1 части D показывает возможные шаги при использовании двойных временных шагов в качестве подшагов, то есть 5.1, 5.2, 6.1, 6.2, 6.3 и 22.1.

Большой размер шага используется для некритических районов, удаленных от оси главного луча ГСО земной станции и границ зоны исключения. Этот размер шага определяется как топоцентрический угол:

$$\varphi_{coarse} = 1,5^\circ.$$

Этот большой размер шага используется для всех значений ширины луча антенны всех НГСО систем.

В связи с наличием двух возможных мест на НГСО с максимальной э.п.п.м. существуют два возможных района, где применяется малый временной шаг:

а) Когда НГСО спутник находится вблизи главного луча, район использования малого шага (FSR) определяется как фиксированный топоцентрический угол от оси луча ГСО земной станции (X или $\alpha = 0$).

- Если $D/\lambda > 100$, установите край области первого бокового лепестка в значение φ_r диаграммы направленности ГСО земной станции:

$$\varphi_1 = \varphi_r = 15,85(D/\lambda)^{-0,6}.$$

- Если $D/\lambda < 100$, установите край области первого бокового лепестка в значение, определенное на диаграмме направленности ГСО земной станции:

$$\varphi_1 = 95 \lambda/D.$$

Внеосевой угол для района использования малого шага определяется как угол, превышающий $3,5^\circ$ или φ_1 :

$$\varphi_{FSR_1} = \max(3,5^\circ, \varphi_1).$$

- b) Когда НГСО спутник находится вблизи зоны исключения, район использования малого шага, измеряемый от границы зоны исключения ($X = X_0$ или $\alpha = \alpha_0$), определяется как:

$$\Phi_{FSR_2} = \Phi_{coarse}$$

Необходимо, чтобы для статистических целей размер большого шага соответствовал целому кратному от размера малого шага. Поскольку размер большого шага является постоянной величиной, отношение размеров больших шагов к малым шагам определяется только шириной луча ГСО земной станции ($\Phi_{злб}$). Это отношение определяется как:

$$N_{coarse} = \text{минимальный уровень } ((N_{hits} * \Phi_{coarse}) / \Phi_{злб}),$$

где минимальный уровень – это функция, которая отсекает десятичную часть отношения и выделяет целую часть. В результате получается консервативное отношение размеров малых шагов к большим шагам, которое обеспечивает, чтобы большой шаг никогда не превышал конечного топоцентрического размера в $1,5^\circ$.

3.3.2 Аналитический подход

Шаги для изменения долготы и широты позиции эталонного спутника выбираются в соответствии с процедурой § 6.3 части D.

3.4 Входные данные и форматы файлов

3.4.1 Входные параметры

Понятие "входные данные" является обобщенным понятием, которое может включать входные файлы или входные данные, предоставляемые пользователем с помощью какого-либо графического интерфейса или вызываемые посредством программного обеспечения. В этом разделе приводится описание входных параметров, которые необходимы для проведения анализа э.п.п.м. В нижеследующих подразделах представлены таблицы требуемых входных данных для параметров НГСО систем, параметров ГСО систем, параметров прогона (программы), статистических параметров и форматов файлов.

3.4.2 Параметры НГСО систем

Используются приведенные ниже параметры, указанные § 2.1 части B.

Описание параметра	Название параметра	Единицы измерения параметра
Маска п.п.м. спутника	Определение и формат см. в части C	
Число НГСО спутников	N_{sat}	–
Число частот/Районов ⁽¹⁾	N_{freq}	–
Район ⁽¹⁾	1, 2 или 3	–
Центральная частота передачи ⁽¹⁾	F_DOWN_{sat}	ГГц
Параметр зоны исключения	Альфа или X	–
Угол зоны исключения	MIN_EXCLUDE	градусы
Максимальное число спутников, работающих на f_{sat} на данной широте	$N_{co}[Широта]$	–
Орбита имеет повторяющуюся проекцию движения спутника на поверхность Земли, обеспечиваемую функцией удержания станции на орбите	Да или нет	–
Администрация указывает конкретную скорость прецессии узла	Да или нет	–
Диапазон удержания станции для восходящего узла как половина общего диапазона	W_{delta}	градусы
Минимальная рабочая высота	H_MIN	км

⁽¹⁾ Администрация, подавшая заявку на регистрацию, может предоставить набор данных (частота спутника, подходящий Район). Для получения соответствующих пределов, применимых для каждого набора, можно рассмотреть базу данных МСЭ с предельными уровнями.

Для каждого спутника будут использоваться следующие параметры, указанные в § 2.1 части В – Параметры, предоставляемые администрацией НГСО системы, где определения параметров на момент начала моделирования указываются в § 5.3.1 части D.

Следует отметить, что в данной ниже таблице индексы [N] приводятся для того, чтобы показать, что каждому спутнику будут соответствовать различные значения и что N-е значение относится к N-му спутнику. Для маски п.п.м. это означает, что данные п.п.м. структурируются таким образом, чтобы входные данные п.п.м.[N] являлись справочной информацией, указывающей на конкретную подсеть. Например, для каждого спутника в группировке может делаться ссылка на таблицу с одной и той же п.п.м.(lat, az, el), п.п.м.(lat, X, Δlong) или п.п.м.(lat, α, Δlong).

Описание параметра	Название параметра	Единицы измерения параметра
Используемая маска п.п.м.	п.п.м.[N]	–
Большая полуось	A[N]	км
Эксцентриситет	E[N]	–
Наклонение	I[N]	градусы
Долгота восходящего узла	O[N]	градусы
Аргумент перигея	W[N]	градусы
Истинная аномалия	V[N]	градусы

Благодаря использованию маски п.п.м. для расчета э.п.м.↓ нет необходимости знать число антенн на спутнике и параметры РЧ НГСО линии. Однако каждый спутник может иметь отдельную маску п.п.м., и поэтому для каждого спутника будет приведена ссылка на базу данных с масками п.п.м.. Для каждого спутника должен указываться независимый набор из шести параметров орбиты для целей определения орбиты и последующих расчетов распространения радиоволн.

3.4.3 Параметры ГСО системы

Параметры ГСО системы могут быть получены либо из алгоритма в § 3.2 части D, либо взяты из значений введенных данных. В этом случае используются следующие параметры, указанные в § 2.1 части В:

Описание параметра	Название параметра	Единицы измерения параметра
Долгота ГСО спутника	GSO_LONG	градусы
Широта ГСО земной станции	GSO_ES_LAT	градусы
Долгота ГСО земной станции	GSO_ES_LONG	градусы
Эталонная диаграмма усиления земной станции	GSO_ES_PATTERN	Одна из диаграмм в § 5.5 части D
Диаметр антенны земной станции	GSO_ES_D_ANT	м

Широта и долгота ГСО спутника и земной станции определены в § 5.2 и 5.1 части D.

3.4.4 Параметры прогона программы

Параметры прогона программы могут быть вычислены с использованием алгоритма в § 3.3 части D или введенных данных. Для подхода с временным моделированием требуемые параметры таковы:

Описание параметра	Название параметра	Единицы измерения параметра
Временной шаг	TSTEP	с
Число временных шагов	NSTEPS	–
Механизм прецессии	J2 или предложен администрацией, или искусственный	–
Скорость прецессии	ORBIT_PRECESS	градусы/день

Для подхода с использованием аналитического метода требуемые параметры связаны с приращениями позиции эталонного спутника:

Описание параметра	Название параметра	Единицы измерения параметра
Шаг изменения долготы для крупной сетки	PHISTEPCG	градусы
Шаг изменения широты для крупной сетки	THETASTEPCG	градусы
Шаг изменения долготы для мелкой сетки	PHISTEPFG	градусы
Шаг изменения широты для мелкой сетки	THETASTEPCG	градусы

3.4.5 Другие параметры

При прогоне программы будет также использоваться база данных с предельными уровнями э.п.п.м.↓ из § 3.1 части D с целью получения трех определяющих параметров для статистики э.п.п.м.↓:

Описание параметра	Название параметра	Единицы измерения параметра
Начальное значение для бинов э.п.п.м.↓	EPFD_DOWN_START	дБ(Вт/(м ² · BW _{ref}))
Размер бина (§ 2.5 части D)	S _B	дБ(Вт/(м ² · BW _{ref}))
Число бинов э.п.п.м.↓	N_BINS	–

3.4.6 Форматы файлов

Форматы файлов должны быть выполнены в формате (текстовом) ASCII, чтобы сделать рутинной процедуру визуальной проверки и внесения изменений во входные параметры. Кроме того, если до прогона системы моделирования предоставлен графический интерфейс для просмотра и внесения изменений во входные параметры, целесообразно было бы иметь входные параметры в формате двоичной базы данных.

3.5 Алгоритмы и процедуры расчетов

Работающими НГСО спутниками являются спутники вне зоны исключения, находящиеся выше их минимального рабочего угла места и ведущие передачи в направлении (то есть высота выше или равна MIN_OPERATING_HEIGHT) ГСО земной станции. Максимальное число работающих НГСО спутников – это все НГСО спутники, которым позволено вести передачи на совпадающей частоте в направлении одной и той же зоны на земле.

3.5.1 Подход с временным моделированием

Для расчета значений э.п.м.↓, поступающей от одной НГСО системы на одну земную станцию ГСО системы, должен использоваться следующий алгоритм. При необходимости этот алгоритм может использоваться параллельно на нескольких ГСО системах.

Шаг 1: Введите параметры для НГСО системы, указанные в § 3.4.2 части D.

Шаг 2: Введите параметры ГСО, указанные в § 3.4.3 части D.

Шаг 3: При необходимости вычислите местоположение на ГСО с максимальной э.п.м. с использованием алгоритма в § 3.2 части D.

Шаг 4: Инициализируйте статистические данные, обнулив все бины значений э.п.м.↓.

Шаг 5: При необходимости рассчитайте число временных шагов и размер временного шага, используя алгоритм в § 3.3 части D, и исходя из этого рассчитайте конечное время.

Если задействован алгоритм с двумя временными шагами, то используйте подшаг 5.1, в противном случае $N_{coarse} = 1$ все время.

Подшаг 5.1: Рассчитайте размер большого временного шага $T_{coarse} = T_{fine} * N_{coarse}$.

Шаг 6: Если задействован алгоритм с двумя временными шагами, то повторите подшаг 6.1 и далее до шага 22, пока не достигнете конечного времени, в противном случае повторите шаги 7–22, пока не достигнете конечного времени.

Подшаг 6.1: Если это первый временной шаг, то установите $T_{step} = T_{fine}$.

Подшаг 6.2: В противном случае, если осталось меньше чем N_{coarse} шагов, то установите $T_{step} = T_{fine}$.

Подшаг 6.3: В противном случае, если любой из углов (α или X) для последнего временного шага находится в пределах Φ_{FSR_1} нулевого угла или Φ_{FSR_2} угла зоны исключения (Φ_0 или X_0), то установите $T_{step} = T_{fine}$, в противном случае установите $T_{step} = T_{coarse}$.

Шаг 7: Обновите векторы позиций всех земных станций, основанные на системе координат в § 5.1 части D.

Шаг 8: Обновите векторы позиций всех ГСО спутников, основанные на системе координат в § 5.2 части D.

Шаг 9: Обновите векторы позиций и скорости всех НГСО спутников, основанные на системе координат, модели предсказания орбиты и алгоритме удержания станции на орбите в § 5.3 части D.

Шаг 10: Установите э.п.м.↓ = 0.

Шаг 11: Проведите выбор всех НГСО спутников, видимых с ГСО земной станции, используя алгоритм в § 5.4.1 части D.

Шаг 12: Повторите шаги 13–18 для каждого видимого НГСО спутника.

Шаг 13: Рассчитайте параметры, необходимые для маски п.п.м., либо (широта, α или X , Δ long), либо (широта, азимут, угол места), в зависимости от требований, используя определение углов в § 5.1 части D.

Шаг 14: Используя маску п.п.м. для выбранного НГСО спутника, рассчитайте п.п.м.(широта, α или X , Δ long) или п.п.м.(широта, азимут, угол места) на ГСО земной станции, используя маску п.п.м. НГСО спутника, указанную в § 3.6 части D.

Шаг 15: Рассчитайте внеосевой угол ϕ на ГСО земной станции между линиями на ГСО спутник и НГСО спутник.

Шаг 16: Рассчитайте $G_{RX}(\phi)$ = усилению при приеме (дБ) на ГСО земной станции, используя подходящую диаграмму усиления, указанную в алгоритмах в § 5.5 части D.

- Шаг 17:* Рассчитайте э.п.п.м.↓ для этого НГСО спутника, используя:
- Шаг 18:* $\text{э.п.п.м.}\downarrow = \text{п.п.м.}(\alpha) + G_{RX}(\varphi) - G_{max}$, где G_{max} – максимальное усиление антенны ГСО земной станции.
- Шаг 19:* Отсортируйте вклады НГСО спутников в э.п.п.м.↓.
- Шаг 20:* Повторите шаг 21 для $N_{co}[\text{lat}]$ наибольших вкладов в э.п.п.м.↓ в этом списке плюс спутники в пределах зоны исключения, где $N_{co}[\text{lat}]$ – это максимальное число работающих НГСО спутников на широте рассматриваемой станции ГСО_ES, соответствующее максимальному числу спутников, которым разрешено вести передачу на совпадающей частоте в направлении одной и той же зоны на земле и которые выполняют требования зоны исключения ГСО и минимального угла места, определяемые для НГСО системы.
- Шаг 21:* Увеличьте э.п.п.м.↓ на приращение э.п.п.м.↓_{*i*}.
- Шаг 22:* Увеличьте статистику э.п.п.м.↓ на приращение э.п.п.м.↓ для этого временного шага с помощью входных данных (T_{step}/T_{fine}).
- Шаг 23:* Вычислите функцию э.п.п.м.↓ CDF из функции э.п.п.м.↓ PDF, используя алгоритм в § 7.1.2 части D.
- Шаг 24:* Сравните статистику э.п.п.м.↓ с предельными уровнями, используя алгоритм в § 7.1 части D.
- Шаг 25:* Выходные данные представляются в формате, указанном в § 7.3 части D.

3.5.2 Подход с применением аналитического метода

Для расчета значений э.п.п.м.↓, поступающей от одной НГСО системы на одну земную станцию ГСО системы, должен использоваться следующий алгоритм. При необходимости этот алгоритм может использоваться параллельно на нескольких ГСО системах.

- Шаг 1:* Введите параметры для НГСО системы, указанные в § 3.4.2 части D.
- Шаг 2:* Введите параметры ГСО, указанные в § 3.4.3 части D.
- Шаг 3:* При необходимости вычислите местоположение на ГСО с максимальной э.п.п.м. с использованием алгоритма в § 3.2 части D.
- Шаг 4:* Инициализируйте статистические данные, обнулив все бины значений э.п.п.м.↓.
- Шаг 5:* Разделите на части плоскость φ – θ эталонного НГСО спутника.
- Шаг 6:* Повторите шаги 7–23 для каждого элемента (ячейки) разделенной на части плоскости φ – θ .
- Шаг 7:* Рассчитайте вероятность ПРОБ нахождения эталонного НГСО спутника внутри ячейки в соответствии с выражением в § 6.1 части D.
- Шаг 8:* Поместите эталонный НГСО спутник в центре ячейки.
- Шаг 9:* Определите местоположение всех других спутников в группировке (существуют две возможные конфигурации группировки) в соответствии с выражениями в § 6.2 части D.
- Шаг 10:* Повторите шаги 11–23 для каждой из двух конфигураций.
- Шаг 11:* Установите э.п.п.м.↓ = 0.
- Шаг 12:* Определите все НГСО спутники, видимые с ГСО земной станции, используя алгоритм в § 5.4.1 части D.
- Шаг 13:* Повторите шаги 14–19 для каждого видимого НГСО спутника.
- Шаг 14:* Рассчитайте параметры, необходимые для маски п.п.м.: либо (широта, α или X , Δlong), либо (широта, азимут, угол места), в зависимости от требований, используя определение углов в § 5.1 части D.

- Шаг 15:* Используя маску п.п.м. для выбранного НГСО спутника, рассчитайте п.п.м.(широта, α или X , Δ long) или п.п.м.(широта, азимут, угол места) на ГСО земной станции, используя маску п.п.м. НГСО спутника, указанную в § 3.6 части D.
- Шаг 16:* Рассчитайте внеосевой угол φ на ГСО земной станции между линиями на ГСО спутник и НГСО спутник.
- Шаг 17:* Рассчитайте $G_{RX}(\varphi)$ = усилению при приеме (дБ) на ГСО земной станции, используя подходящую диаграмму усиления, указанную в алгоритмах в § 5.5 части D.
- Шаг 18:* Рассчитайте э.п.п.м.↓ для этого НГСО спутника, используя:
- Шаг 19:* э.п.п.м._{*i*} = п.п.м. (α) + $G_{RX}(\varphi)$ – G_{max} , где G_{max} – максимальное усиление антенны ГСО земной станции.
- Шаг 20:* Отсортируйте вклады НГСО спутников в э.п.п.м._{*i*}.
- Шаг 21:* Повторите шаг 22 для $N_{co}[\text{lat}]$ наибольших вкладов в э.п.п.м._{*i*} в этом списке плюс спутники в пределах зоны исключения, где $N_{co}[\text{lat}]$ – это максимальное число работающих НГСО спутников на широте рассматриваемой станции ГСО_ES, соответствующее максимальному числу спутников, которым разрешено вести передачу на совпадающей частоте в направлении одной и той же зоны на земле и которые выполняют требования зоны исключения ГСО и минимального угла места, определяемые для НГСО системы.
- Шаг 22:* Увеличьте э.п.п.м.↓ на приращение э.п.п.м._{*i*}.
- Шаг 23:* Расположите на гистограмме э.п.п.м.↓ бин, соответствующий значению э.п.п.м.↓, и добавьте к нему значение PROB/2.
- Шаг 24:* Вычислите функцию э.п.п.м.↓ CDF из функции э.п.п.м.↓ PDF, используя алгоритм в § 7.1.2 части D.
- Шаг 25:* Сравните статистику э.п.п.м.↓ с предельными уровнями, используя алгоритм в § 7.1 части D.
- Шаг 26:* Выходные данные представляются в формате, указанном в § 7.3 части D.

3.6 Расчет маски п.п.м.

Маска п.п.м. определяется в виде таблицы значений п.п.м. для различных углов и широт.

Можно предположить, что углы α или X превышают нулевое значение, поскольку из определения α или X в § 5.4.2 части D следует, что эти углы больше или равны нулю.

Следует отметить, что диапазон широт должен иметь следующие значения:

Минимум: $-I$

Максимум: $+I$,

где I – это наклонение орбиты НГСО спутника.

Обычно углы (азимута, места), либо (α или X), рассчитанные для каждого временного шага, будут находиться между двумя значениями в массивах. В этом случае должна использоваться линейная интерполяция между значениями п.п.м. Если эти углы расположены вне маски п.п.м., то п.п.м. рассчитывается согласно компьютерной программе исходя из наибольшего угла в маске (то есть на краю маски).

Должна использоваться маска, которая ближе по широте к маске эталонного спутника. Дополнительная информация о формате и выборке маски п.п.м. приведена в части С.

3.7 Выходные данные

Результатом применения данного алгоритма является создание двух массивов с размером NEPFD_DOWN (как указано в § 3.1 части D) в формате:

Массив значений э.п.п.м.↓ NEPFD_DOWN	EPFD_DOWN_CALC[I]	дБ(Вт/(м ² · BW _{ref}))
Массив процентных значений NEPFD_DOWN	PC_CALC[I]	%

где PC_CALC[I] – это процент времени превышения уровня EPFD_DOWN_CALC[I].

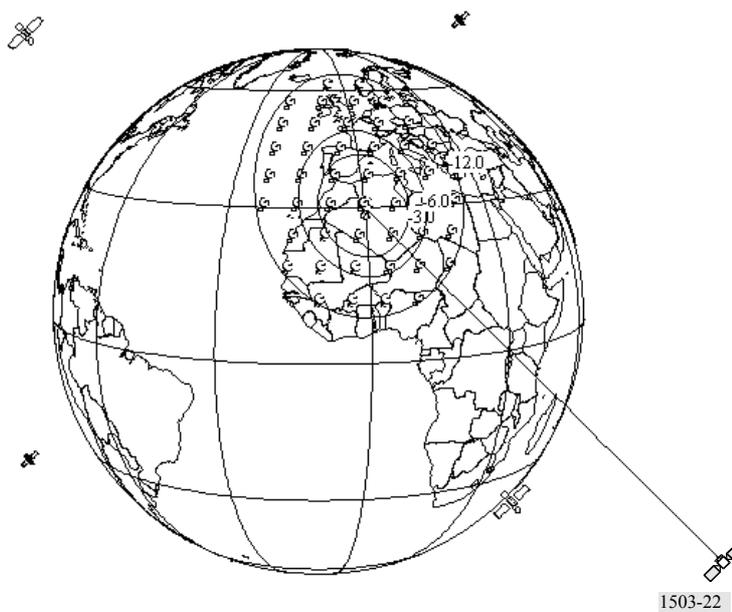
4 Описание программного обеспечения

4.1 Описание программного обеспечения э.п.п.м.↑

В этом разделе описывается алгоритм для расчета значений э.п.п.м.↑ от НГСО земных станций, поступающей в ГСО линию вверх. Предполагается, что на поверхности Земли расположены равномерно распределенные НГСО земные станции. Каждая земная станция ориентирована в направлении НГСО спутника с применением правил ориентирования для данной группировки и ведет передачу с определенной э.и.и.м. Исходя из э.и.и.м. и внеосевой диаграммы усиления для каждой земной станции можно вычислить э.п.п.м.↑ на ГСО. Такой расчет повторяется для ряда временных шагов (или позиций эталонного спутника при использовании аналитического метода), до тех пор пока не будет получено распределение э.п.п.м.↑. Это распределение можно затем сравнить с предельными уровнями для вынесения решения "go/no go".

На рисунке 22 показана геометрия с расположением НГСО земных станций, ведущих передачу в направлении группировки НГСО спутников, и контрольного ГСО спутника, осуществляющего прием от ГСО земной станции.

РИСУНОК 22



4.1.1 Параметры конфигурации

В этом подразделе представлены параметры, требуемые для всех расчетов э.п.п.м.↑, определенных в РР. Это будет совокупность данных из N наборов предельных уровней, которые можно разделить между прогонами программы. Таблица может запрашиваться таким образом, чтобы требуемые значения могли использоваться в зависимости от частоты НГСО системы.

Для каждого набора предельных уровней приведенные ниже параметры будут определяться, как это указано в § 2.2 части В.

Название параметра	Значение параметра	Единицы измерения и диапазоны изменения параметров
Начало полосы частот	FSTART_UP	ГГц
Конец полосы частот	FEND_UP	ГГц
Применимость для Района 1	REGION1_UP	Да или нет
Применимость для Района 2	REGION2_UP	Да или нет
Применимость для Района 3	REGION3_UP	Да или нет
Диаграмма усиления антенны ГСО спутника	GSO_SAT_PATTERN	Одна из диаграмм в § 5.5 части D
Максимальное усиление антенны ГСО спутника	GSO_SAT_PEAKGAIN	дБи
Ширина луча антенны ГСО спутника по половинной мощности	GSO_SAT_BEAMWIDTH	градусы
Эталонная ширина полосы	RAFBW	кГц
Число точек э.п.п.м.↑	NEPFD_UP	–
Массив значений э.п.п.м.↑ NEPFD_UP	EPFD_UP[I]	дБ(Вт/(м ² · BW _{ref}))
Массив процентных значений NEPFD_UP	PC_UP[I]	%

Из данных массива EPFD_UP[I] число бинов и диапазоны бина могут быть вычислены с использованием следующих шагов:

Шаг 1: Вычислите EPFD_UP_MIN = минимальному значению в массиве EPFD_UP[I].

Шаг 2: Вычислите EPFD_UP_MAX = максимальному значению в массиве EPFD_UP[I].

Шаг 3: Вычислите EPFD_UP_START посредством округления EPFD_UP_MIN до ближайших 10 дБ снизу.

Шаг 4: Вычислите EPFD_UP_END посредством округления EPFD_UP_MAX до ближайших 10 дБ сверху.

Шаг 5: Число бинов = (EPFD_UP_END – EPFD_UP_START)/ S_B .

Такой расчет определяет набор бинов, имеющих размер S_B (размер бина указан в § 2.5 части D) и расположенных ниже и выше требуемых предельных уровней э.п.п.м.↑.

4.1.2 Определение конфигурации с максимальной э.п.п.м.

Местоположение ГСО спутника и центра луча, соответствующее конфигурации с максимальной э.п.п.м., определяется в части С'.

4.1.3 Расчет шагов прогона программы

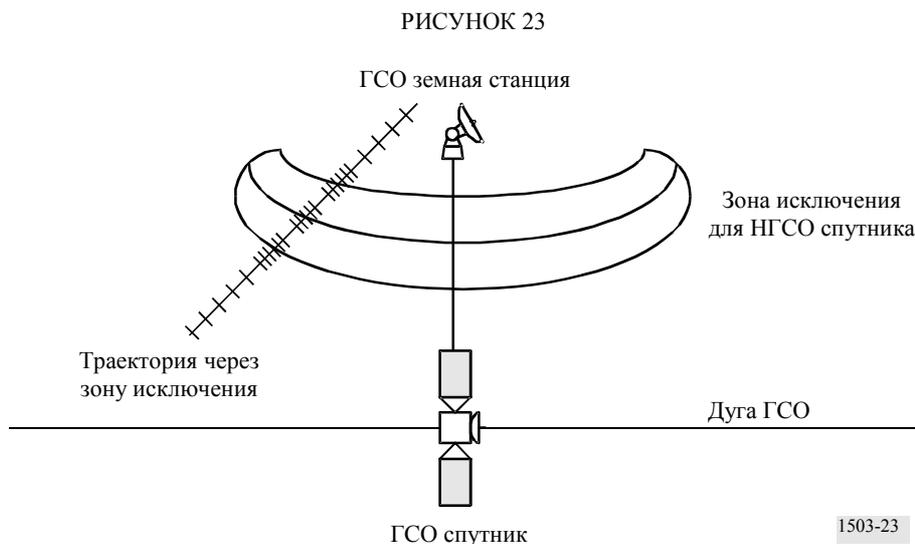
4.1.3.1 Подход с временным моделированием

Один временной шаг и число временных шагов вычисляются с использованием алгоритма в части А.

Вариант с двумя временными шагами

Для улучшения характеристик моделирования существует вариант алгоритма, позволяющий реализовать два временных шага. Как правило, используется большой временной шаг, кроме случаев, когда расположение какого-либо из НГСО спутников близко к краю зоны исключения. Следует отметить, что нет необходимости проводить проверку для центральной линии, представляющей угол $\alpha = 0$, поскольку НГСО земная станция не ведет передачи на НГСО спутник в пределах зоны исключения.

На рисунке 23 показан случай использования малого временного шага:



Алгоритм в § 4.6.1 части D показывает возможные шаги при использовании двойных временных шагов в качестве подшагов, то есть 6.1, 6.2, 7.1, 7.2, 7.3 и 24.1.

Большой размер шага используется для некритических районов, удаленных от оси главного луча ГСО земной станции и границ зоны исключения. Этот размер шага определяется как топоцентрический угол:

$$\varphi_{coarse} = 1,5^\circ$$

Этот большой размер шага используется для всех значений ширины луча антенны и НГСО систем.

Необходимо, чтобы для статистических целей размер большого временного шага соответствовал целому кратному от размера малого шага. Поскольку размер большого шага является постоянной величиной, отношение размеров больших шагов к малым шагам определяется только шириной луча НГСО земной станции ($\varphi_{з.д.б.}$). Это отношение определяется как:

$$N_{coarse} = \text{минимальный уровень} ((N_{hits} * \varphi_{coarse}) / \varphi_{з.д.б.}),$$

где минимальный уровень – это функция, которая отсекает десятичную часть отношения и выделяет целую часть. В результате получается консервативное отношение размеров малых шагов к большим шагам, которое обеспечивает, чтобы большой шаг никогда не превышал конечного топоцентрического размера в $1,5^\circ$.

4.1.3.2 Аналитический подход

Шаги для изменения долготы и широты позиции эталонного спутника выбираются в соответствии с процедурой § 6.3 части D.

4.1.4 Входные данные и форматы файлов

4.1.4.1 Входные параметры

В данном разделе определяются входные параметры для конкретного сценария НГСО системы. В этом случае понятие "входные данные" является обобщенным понятием, которое может включать входные файлы или входные данные, предоставляемые пользователем. Информация требуется для:

- НГСО системы;
- ГСО системы;
- конфигурации прогона программы.

4.1.4.2 Параметры НГСО систем

Используются приведенные ниже параметры, указанные § 2.1 части В.

Описание параметра	Название параметра	Единицы измерения параметра
Число НГСО спутников	N_{sat}	–
Орбита имеет повторяющуюся проекцию движения спутника на поверхность Земли, обеспечиваемую функцией удержания станции на орбите	Да или нет	–
Администрация указывает конкретную скорость прецессии узла	Да или нет	–
Диапазон удержания станции для восходящего узла как половина общего диапазона	W_{delta}	градусы

Для каждого спутника будут использоваться следующие параметры, указанные в § 2.1 части В, где определения параметров на момент начала моделирования указываются в § 5.3.1 части D.

Следует отметить, что в данной ниже таблице индексы [N] приводятся для того, чтобы показать, что каждому спутнику будут соответствовать различные значения параметров и что N -е значение относится к N -му спутнику.

Описание параметра	Название параметра	Единицы измерения параметра
Большая полуось	A[N]	км
Эксцентриситет	E[N]	–
Наклонение	I[N]	градусы
Долгота восходящего узла	O[N]	градусы
Аргумент перигея	W[N]	градусы
Истинная аномалия	V[N]	градусы

Для каждого спутника должен указываться независимый набор из шести параметров орбиты для целей определения орбиты и последующего распространения радиоволн.

Для определения характеристик НГСО земных станций будут использоваться приведенные ниже параметры, указанные в § 2.1 части В:

Описание параметра	Название параметра	Единицы измерения параметра
Максимальное число отслеживаемых НГСО спутников, работающих на совпадающей частоте	ES_TRACK	–
Маска э.и.и.м. земной станции	ES_EIRP	дБ(Вт/ BW_{ref})
Число частот/Районов ⁽¹⁾	N_{freq}	–
Район ⁽¹⁾	1, 2 или 3	–
Центральная частота передачи ⁽¹⁾	ES_F	ГГц
Минимальный угол места	ES_MINELEV	градусы
Минимальный угол к дуге ГСО	ES_MIN_GCO	градусы
Среднее число ЗС НГСО на км ²	ES_DENSITY	/км ²
Среднее расстояние между центрами ячеек или центрами зон обслуживания луча	ES_DISTANCE	км

⁽¹⁾ Администрация, подавшая заявку на регистрацию, может предоставить набор данных (частота спутника, подходящий Район). Для получения соответствующих пределов, применимых для каждого набора, можно рассмотреть базу данных МСЭ с предельными уровнями.

4.1.4.3 Параметры ГСО системы

ГСО система может быть либо вычислена, либо она может использовать параметры наихудшего случая, с применением алгоритма в § 4.1.2 части D или значений введенных данных. Ниже приведены требуемые параметры, указанные в § 2.1 части B:

Описание параметра	Название параметра	Единицы измерения параметра
Долгота ГСО спутника	GSO_SAT_LONG	градусы
Широта опорной точки ГСО спутника	BS_LAT	градусы
Долгота опорной точки ГСО спутника	BS_LONG	градусы
Диаграмма усиления эталонного ГСО спутника	GSO_SAT_PATTERN	Одна из диаграмм в § 5.5 части D

Эти параметры определяются в § 5.1 и 5.2 части D.

4.1.4.4 Параметры прогона программы

Параметры прогона программы могут быть вычислены с использованием алгоритма в § 4.1.3 части D или введенных данных. Для подхода с временным моделированием требуемые параметры таковы:

Описание параметра	Название параметра	Единицы измерения параметра
Временной шаг	TSTEP	с
Число временных шагов	NSTEPS	–
Механизм прецессии	J2 или предложен администрацией или искусственный	–
Скорость прецессии	ORBIT_PRECESS	градусы/день

Для подхода с использованием аналитического метода требуемые параметры связаны с приращениями позиции эталонного спутника:

Описание параметра	Название параметра	Единицы измерения параметра
Шаг изменения долготы для крупной сетки	PHISTEPCG	градусы
Шаг изменения широты для крупной сетки	THETASTEPCG	градусы
Шаг изменения долготы для мелкой сетки	PHISTEPFG	градусы
Шаг изменения широты для мелкой сетки	THETASTEFG	градусы

4.1.4.5 Другие параметры

При прогоне программы будет также использоваться база данных с предельными уровнями э.п.п.м.↓ из § 4.1.1 части D с целью получения трех определяющих параметров для статистики э.п.п.м.↓:

Описание параметра	Название параметра	Единицы измерения параметра
Начальное значение для бинов э.п.п.м.↑	EPFD_UP_START	дБ(Вт/(м ² · BW _{ref}))
Размер бина (§ 2.5 части D)	S_B	дБ(Вт/(м ² · BW _{ref}))
Число бинов э.п.п.м.↑	N_BINS	–

4.1.4.6 Форматы файлов

Форматы файлов должны быть выполнены в формате (текстовом) ASCII, чтобы сделать рутинной процедуру визуальной проверки и внесения изменений во входные параметры. Кроме того, если до прогона системы моделирования предоставлен графический интерфейс для просмотра и внесения изменений во входные параметры, целесообразно было бы иметь входные параметры в формате двоичной базы данных.

4.1.5 Построение распределения НГСО земных станций

Для построения распределения НГСО земных станций должен использоваться следующий метод:

Шаг 1: Рассчитайте число фактически работающих НГСО земных станций, которые будут представлены типичной земной станцией, применяя формулу:

$$\text{NUM_ES} = \text{ES_DISTANCE} * \text{ES_DISTANCE} * \text{ES_DENSITY}$$

Шаг 2: Рассчитайте э.и.и.м., которая будет использоваться для каждой типичной НГСО земной станции, применяя формулу:

$$\text{REP_EIRP} = \text{ES_EIRP} + 10\log_{10}(\text{NUM_ES}).$$

Шаг 3: Определите ГСО зону обслуживания, как область, охваченную контуром, представляющим относительное усиление в 15 дБ.

Шаг 4: Для каждого расстояния ES_DISTANCE по широте и расстояния ES_DISTANCE по долготе в пределах зоны обслуживания, определенной согласно шагу 3, расположите типичную НГСО земную станцию, излучающую мощность REP_EIRP.

4.1.6 Алгоритмы и процедуры расчетов

4.1.6.1 Подход с временным моделированием

Для расчета значений э.п.п.м.↑, поступающей от одной НГСО системы на один спутник ГСО системы, должен использоваться следующий алгоритм. При необходимости этот алгоритм может использоваться параллельно на нескольких ГСО системах.

Шаг 1: Введите параметры для НГСО системы, указанные в § 3.4.2 части D.

Шаг 2: Введите параметры ГСО, указанные в § 4.1.4.2 части D.

Шаг 3: При необходимости вычислите местоположение на ГСО с максимальной э.п.п.м. с использованием алгоритма в § 4.1.2 части D.

Шаг 4: При необходимости вычислите местоположения НГСО земных станций с максимальной э.п.п.м. с использованием алгоритма в § 4.1.5 части D.

Шаг 5: Инициализируйте статистические данные, обнулив все бины значений э.п.п.м.↑.

Шаг 6: При необходимости рассчитайте число временных шагов и размер временного шага, используя алгоритм в § 4.1.3 части D, и исходя из этого рассчитайте конечное время.

Если задействован алгоритм с двумя временными шагами, то используйте подшаг 6.1, в противном случае $N_{coarse} = 1$ все время.

Подшаг 6.1: Рассчитайте размер большого шага $T_{coarse} = T_{fine} * N_{coarse}$.

Шаг 7: Повторите шаги 8–24 для всех временных шагов.

Если задействован алгоритм с двумя временными шагами, то повторите подшаг 7.1 и далее до шага 22, пока не достигнете конечного времени.

Подшаг 7.1: Если это первый временной шаг, то установите $T_{step} = T_{fine}$.

Подшаг 7.2: В противном случае, если осталось меньше чем N_{coarse} шагов, установите $T_{step} = T_{fine}$.

Подшаг 7.3: В противном случае, если любой из углов α для последнего временного шага находится в пределах φ_{coarse} угла зоны исключения, установите $T_{step} = T_{fine}$, в противном случае используйте $T_{step} = T_{coarse}$.

Шаг 8: Обновите векторы позиций всех земных станций, используя алгоритм в § 5.1 части D.

Шаг 9: Обновите векторы позиций и скорости всех НГСО спутников, используя алгоритм в § 5.2 части D.

Шаг 10: Обновите векторы позиций ГСО спутника, используя алгоритм в § 5.3 части D.

Шаг 11: Установите э.п.п.м. $\uparrow = 0$.

Шаг 12: Повторите шаги 13–23 для всех НГСО земных станций.

Шаг 13: Определите, видна ли эта НГСО земная станция с ГСО спутника, используя алгоритм в § 5.4.2 части D.

Шаг 14: Если НГСО земная станция видна с ГСО спутника, то исполните шаги 15–23.

Шаг 15: Повторите шаги 16–23 для максимального числа НГСО спутников, которые можно отследить.

Шаг 16: Выберите i -й спутник вдали от дуги ГСО, который расположен выше минимального угла места и не входит в зону исключения ГСО.

Шаг 17: Если по данному алгоритму спутник выбран, то исполните шаги 18–23.

Шаг 18: Рассчитайте ES_EIRP (дБ(Вт/BW_{ref})) НГСО земной станции в направлении ГСО спутника, используя маску э.и.и.м. НГСО земной станции в § 3 части С.

$$\text{REP_EIRP} = \text{ES_EIRP} + 10 \log_{10} (\text{NUM_ES})$$

Шаг 19: Рассчитайте G_{RX} = усилению при приеме (дБ) на ГСО спутнике, используя подходящую диаграмму усиления, указанную в алгоритмах в § 5.5 части D.

Шаг 20: Рассчитайте D = расстоянию (км) между НГСО земной станцией и ГСО спутником, используя алгоритм в § 5.4.1 части D.

Шаг 21: Рассчитайте коэффициент расширения $L_{FS} = 10 \log(4\pi D^2) + 60$.

Шаг 22: Рассчитайте э.п.п.м. \uparrow_i для этого НГСО спутника:

$$\text{э.п.п.м.}\uparrow_i = \text{REP_EIRP} - L_{FS} + G_{RX} - G_{max}$$

Шаг 23: Увеличьте э.п.п.м. \uparrow на приращение э.п.п.м. \uparrow_i .

Шаг 24: Увеличьте статистику э.п.п.м. \uparrow на величину э.п.п.м. \uparrow .

Если задействован алгоритм с двумя временными шагами, то должен использоваться указанный ниже шаг:

Подшаг 24.1: Увеличьте статистику э.п.п.м.↑ на величину э.п.п.м.↑ для этого временного шага с помощью ввода параметра T_{step}/T_{fine} .

Шаг 25: Вычислите функцию э.п.п.м.↑ CDF из функции э.п.п.м.↑ PDF, используя алгоритм в § 7.1.2 части D.

Шаг 26: Сравните статистику э.п.п.м.↑ с предельными уровнями, используя алгоритм в § 7.1 части D.

Шаг 26: Выходные данные представляются в формате, указанном в § 7.2 части D.

4.1.6.2 Подход с применением аналитического метода

Для расчета значений э.п.п.м.↑, поступающей от одной НГСО системы на один спутник ГСО системы, должен использоваться следующий алгоритм. При необходимости этот алгоритм может использоваться параллельно на нескольких ГСО системах.

Шаг 1: Введите параметры для НГСО системы, указанные в § 4.1.4.2 части D.

Шаг 2: Введите параметры ГСО, указанные в § 4.1.4.3 части D.

Шаг 3: При необходимости вычислите местоположение на ГСО с максимальной э.п.п.м. с использованием алгоритма в § 4.1.2 части D или другого подходящего метода.

Шаг 4: При необходимости вычислите местоположения НГСО земных станций с использованием алгоритма в § 4.1.5 части D.

Шаг 5: Инициализируйте статистические данные, обнулив все бины значений э.п.п.м.↑.

Шаг 6: Разделите на части плоскость φ – θ эталонного НГСО спутника.

Шаг 7: Повторите шаги 8–25 для каждого элемента (ячейки) разделенной на части плоскости φ – θ .

Шаг 8: Рассчитайте вероятность PROB нахождения эталонного НГСО спутника внутри ячейки в соответствии с выражением в § 6.1 части D.

Шаг 9: Поместите эталонный НГСО спутник в центре ячейки.

Шаг 10: Определите местоположение всех других спутников в группировке (существуют две возможные конфигурации группировки) в соответствии с выражениями в § 6.2 части D.

Шаг 11: Повторите шаги 12–25 для каждой из двух конфигураций.

Шаг 12: Установите э.п.п.м.↑ = 0.

Шаг 13: Повторите шаги 14–24 для всех НГСО земных станций.

Шаг 14: Вычислите, видна ли эта НГСО земная станция с ГСО спутника, используя алгоритм в § 5.4.2 части D.

Шаг 15: Если НГСО земная станция видна с ГСО спутника, то исполните шаги 16–24.

Шаг 16: Повторите шаги 17–24 для максимального числа НГСО спутников, которые можно отследить.

Шаг 17: Выберите i -й спутник вдали от дуги ГСО, который расположен выше минимального угла места и не входит в зону исключения ГСО.

Шаг 18: Если по данному алгоритму спутник выбран, то исполните шаги 19–24.

Шаг 19: Рассчитайте ES_EIRP (дБ(Вт/ВW_{raf})) НГСО земной станции в направлении ГСО спутника, используя маску э.и.и.м. НГСО земной станции в § 3 части С.

$$REP_EIRP = ES_EIRP + 10\log_{10}(NUM_ES)$$

Шаг 20: Рассчитайте G_{RX} = усилению при приеме (дБ) на ГСО спутнике, используя подходящую диаграмму усиления, указанную в алгоритмах в § 5.5 части D.

- Шаг 21:* Рассчитайте D = расстоянию (км) между НГСО земной станцией и ГСО спутником, используя алгоритм в § 5.4.1 части D.
- Шаг 22:* Рассчитайте коэффициент расширения $L_{FS} = 10 \log(4\pi D^2) + 60$.
- Шаг 23:* Рассчитайте э.п.п.м. \uparrow_i для этого НГСО спутника, используя значение REP_EIRP, вычисленное в § 4.1.5 части D:
- $$\text{э.п.п.м.}\uparrow_i = \text{REP_EIRP} - L_{FS} + G_{RX} - G_{max}$$
- Шаг 24:* Увеличьте э.п.п.м. \uparrow на приращение э.п.п.м. \uparrow_i .
- Шаг 25:* Расположите на гистограмме э.п.п.м. \uparrow бин, соответствующий значению э.п.п.м. \uparrow , и добавьте к нему значение PROB/2.
- Шаг 26:* Вычислите функцию э.п.п.м. \uparrow CDF из функции э.п.п.м. \uparrow PDF, используя алгоритм в § 7.1.2 части D.
- Шаг 27:* Сравните статистику э.п.п.м. \uparrow с предельными уровнями, используя алгоритм в § 7.1 части D.
- Шаг 28:* Выходные данные представляются в формате, указанном в § 7.2 части D.

4.1.7 Выходные данные

Результатом применения данного алгоритма является создание двух массивов с размером NEPFD \uparrow (как указано в § 4.1.1 части D) в формате:

Массив значений NEPFD_UP EPFD \uparrow	EPFD_UP_CALC[I]	дБ(Вт/(м ² · BW _{ref}))
Массив процентных значений NEPFD_UP	PC_CALC[I]	%

где PC_CALC[I] – это процент времени превышения уровня EPFD_UP_CALC[I].

4.2 Описание программного обеспечения э.п.п.м._{мс}

В этом разделе описывается алгоритм для расчета значений э.п.п.м._{мс} от НГСО космических станций, поступающей в ГСО линию вверх. Исходя из э.и.и.м. и внеосевого угла для каждой космической станции можно вычислить э.п.п.м._{мс} на ГСО космической станции. Такой расчет повторяется для ряда временных шагов (или позиций эталонного спутника при использовании аналитического метода), до тех пор пока не будет получено распределение э.п.п.м._{мс}. Это распределение можно затем сравнить с предельными уровнями для вынесения решения "go/no go".

4.2.1 Параметры конфигурации

В этом подразделе представлены параметры, требуемые для всех расчетов э.п.п.м._{мс}. Это будет совокупность данных из N наборов предельных уровней, которые можно разделить между прогонами программы. Таблица может запрашиваться таким образом, чтобы требуемые значения могли использоваться в зависимости от частоты НГСО системы.

Для каждого набора предельных уровней приведенные ниже параметры будут определяться, как это указано в § 2.2 части В.

Название параметра	Значение параметра	Единицы измерения и диапазоны изменения параметров
Начало полосы частот	FSTART_IS	ГГц
Конец полосы частот	FEND_IS	ГГц
Применимость для Района 1	REGION1_IS	Да или нет
Применимость для Района 2	REGION2_IS	Да или нет
Применимость для Района 3	REGION3_IS	Да или нет
Диаграмма усиления антенны ГСО спутника	GSO_SAT_PATTERN	Одна из диаграмм в § 5.5 части D
Максимальное усиление антенны ГСО спутника	GSO_SAT_PEAKGAIN	дБи
Ширина луча антенны ГСО спутника по половинной мощности	GSO_SAT_BEAMWIDTH	градусы
Эталонная ширина полосы	RIFBW	кГц
Число точек э.п.п.м. _{мс}	NEPFD_IS	–
Массив значений э.п.п.м. _{мс} NEPFD_IS	EPFD_IS[I]	дБ(Вт/(м ² · BW _{нл}))
Массив процентных значений NEPFD_IS	PC_IS[I]	%

Из данных массива EPFD_IS[I] число бинов и диапазоны бина могут быть вычислены с использованием следующих шагов:

- Шаг 1:* Вычислите EPFD_IS_MIN = минимальному значению в массиве EPFD_IS[I].
- Шаг 2:* Вычислите EPFD_IS_MAX = максимальному значению в массиве EPFD_IS[I].
- Шаг 3:* Вычислите EPFD_IS_START посредством округления EPFD_IS_MIN до ближайших 10 дБ снизу.
- Шаг 4:* Вычислите EPFD_IS_END посредством округления EPFD_IS_MAX до ближайших 10 дБ сверху.
- Шаг 5:* Число бинов = $(EPFD_IS_END - EPFD_IS_START)/S_B$.

Такой расчет определяет набор бинов, имеющих размер S_B (размер бина указан в § 2.5 части D) и расположенных ниже и выше требуемых предельных уровней э.п.п.м._{мс}.

4.2.2 Определение конфигурации с максимальной э.п.п.м.

Местоположение ГСО спутника и центра луча, соответствующее конфигурации с максимальной э.п.п.м., определяется в части C'.

4.2.3 Расчет шагов прогона программы

4.2.3.1 Подход с временным моделированием

Один временной шаг и число временных шагов вычисляются с использованием алгоритма в части A.

4.2.3.2 Аналитический подход

Шаги для изменения долготы и широты позиции эталонного спутника выбираются в соответствии с процедурой § 6.3 части D.

4.2.4 Входные данные и форматы файлов

4.2.4.1 Входные параметры

В данном подразделе определяются входные параметры для отдельного сценария НГСО системы. В этом случае понятие "входные данные" является обобщенным понятием, которое может включать входные файлы или входные данные, предоставляемые пользователем. Такая информация требуется для:

- НГСО системы;

- ГСО системы;
- конфигурации прогона программы.

4.2.4.2 Параметры НГСО систем

Используются приведенные ниже параметры, указанные § 2.1 части В.

Описание параметра	Название параметра	Единицы измерения параметра
Число НГСО спутников	N_{sat}	–
Орбита имеет повторяющуюся проекцию движения спутника на поверхность Земли, обеспечиваемую функцией удержания станции на орбите	Да или нет	–
Администрация указывает конкретную скорость прецессии узла	Да или нет	–
Диапазон удержания станции для восходящего узла как половина общего диапазона	W_{delta}	градусы

Для каждого спутника будут использоваться следующие параметры, указанные в § 2.1 части В, где определения параметров указываются в § 5.3.1 части D на момент начала моделирования.

Следует отметить, что в данной ниже таблице индексы [N] приводятся для того, чтобы показать, что каждому спутнику будут соответствовать различные значения параметров и что N -е значение относится к N -му спутнику.

Описание параметра	Название параметра	Единицы измерения параметра
Большая полуось	A[N]	км
Эксцентриситет	E[N]	–
Наклонение	I[N]	градусы
Долгота восходящего узла	O[N]	градусы
Аргумент перигея	W[N]	градусы
Истинная аномалия	V[N]	градусы

Для каждого спутника должен указываться независимый набор из шести параметров орбиты для целей определения орбиты и последующего распространения радиоволн.

Для определения характеристик НГСО земных станций будут использоваться приведенные ниже параметры, указанные в § 2.1 части В:

Описание параметра	Название параметра	Единицы измерения параметра
э.и.и.м. на космическую станцию	non-GSO_SS_EIRP	дБ(Вт/BW _{rit})
Число частот/Районов ⁽¹⁾	N_{freq}	–
Район ⁽¹⁾	1, 2 или 3	–
Минимальная частота передачи ⁽¹⁾	IS_F	ГГц

⁽¹⁾ Администрация, подавшая заявку на регистрацию, может предоставить набор данных (частота спутника, подходящий Район). Для получения соответствующих пределов, применимых для каждого набора, можно рассмотреть базу данных МСЭ с предельными уровнями.

4.2.4.3 Параметры ГСО системы

ГСО система может быть либо вычислена, либо она может использовать параметры наихудшего случая, с применением алгоритма в § 5.2 части D или значений введенных данных. Ниже приведены требуемые параметры, указанные в § 2.1 части B:

Описание параметра	Название параметра	Единицы измерения параметра
Долгота ГСО спутника	GSO_SAT_LONG	градусы
Широта опорной точки ГСО спутника	BS_LAT	градусы
Долгота опорной точки ГСО спутника	BS_LONG	градусы
Эталонная диаграмма усиления ГСО спутника	GSO_SAT_PATTERN	Одна из диаграмм в § 5.5 части D

Эти параметры определяются в § 5.1 и 5.2 части D.

4.2.4.4 Параметры прогона программы

Параметры прогона программы могут быть вычислены с использованием алгоритма в § 4.1.3 части D или введенных данных. Для подхода с временным моделированием требуемые параметры таковы:

Описание параметра	Название параметра	Единицы измерения параметра
Временной шаг	TSTEP	с
Число временных шагов	NSTEPS	–
Механизм прецессии	J2 или предложен администрацией, или искусственный	–
Скорость прецессии	ORBIT_PRECESS	градусы/день

Для подхода с использованием аналитического метода требуемые параметры связаны с приращениями позиции эталонного спутника:

Описание параметра	Название параметра	Единицы измерения параметра
Шаг изменения долготы для крупной сетки	PHISTEPCG	градусы
Шаг изменения широты для крупной сетки	THETASTEPCG	градусы
Шаг изменения долготы для мелкой сетки	PHISTEPFG	градусы
Шаг изменения широты для мелкой сетки	THETASTEFG	градусы

4.2.4.5 Другие параметры

При прогоне программы будет также использоваться база данных с предельными уровнями э.п.п.м._{мс} из § 4.1.1 части D с целью получения трех определяющих параметров для статистики э.п.п.м._{мс}:

Описание параметра	Название параметра	Единицы измерения параметра
Начальное значение для бинов э.п.п.м. _{мс}	EPFD_IS_START	дБ(Вт/(м ² · BW _{ref}))
Размер бина (§ 2.5 части D)	S _B	дБ(Вт/(м ² · BW _{ref}))
Число бинов э.п.п.м. _{мс}	N_BINS	–

4.2.4.6 Форматы файлов

Форматы файлов должны быть выполнены в формате (текстовом) ASCII, что позволит сделать рутинной процедуру визуальной проверки и внесения изменений во входные параметры. Кроме того, если до прогона системы моделирования предоставлен графический интерфейс для просмотра и внесения изменений во входные параметры, целесообразно было бы иметь входные параметры в формате двоичной базы данных.

4.2.5 Алгоритмы и процедуры расчетов

При расчете двойного временного шага для вычисления э.п.п.м._{мс}, $N_{coarse} = 1$.

4.2.5.1 Подход с временным моделированием

Для расчета значений э.п.п.м._{мс}, поступающей от одной НГСО системы на один спутник ГСО системы, должен использоваться приведенный ниже алгоритм. При необходимости этот алгоритм может использоваться параллельно на нескольких ГСО системах.

Шаг 1: Введите параметры для НГСО системы, указанные в § 4.1.4.2 части D.

Шаг 2: Введите параметры ГСО, указанные в § 4.1.4.3 части D.

Шаг 3: При необходимости вычислите местоположение на ГСО для наихудшего случая с использованием алгоритма в § 4.1.2 части D.

Шаг 4: Инициализируйте статистические данные, обнулив все бины значений э.п.п.м._{мс}.

Шаг 5: При необходимости рассчитайте число временных шагов и размер временного шага, используя алгоритм в § 4.1.3 части D, и исходя из этого рассчитайте конечное время.

Если задействован алгоритм с двумя временными шагами, то тогда используйте подшаг 5.1, в противном случае $N_{coarse} = 1$ все время.

Подшаг 5.1: Рассчитайте размер большого временного шага $T_{coarse} = T_{fine} * N_{coarse}$.

Шаг 6: Повторите шаги 7–19 для всех временных шагов.

Если задействован алгоритм с двумя временными шагами, то тогда повторите подшаг 6.1 и далее до шага 17, пока не достигнете конечного времени.

Подшаг 6.1: Если это первый временной шаг, то тогда установите $T_{step} = T_{fine}$.

Подшаг 6.2: В противном случае, если осталось меньше чем N_{coarse} шагов, то тогда установите $T_{step} = T_{fine}$.

Подшаг 6.3: В противном случае, если любой из углов α для последнего временного шага находится в пределах ϕ_{coarse} угла зоны исключения, то тогда установите $T_{step} = T_{fine}$, в противном случае установите $T_{step} = T_{coarse}$.

Шаг 7: Обновите векторы позиций и скорости всех НГСО спутников, используя алгоритм в § 5.2 части D.

Шаг 8: Обновите векторы позиций ГСО спутника, используя алгоритм в § 5.3 части D.

Шаг 9: Установите э.п.п.м._{мс} = 0.

Шаг 10: Повторите шаги 10–18 для всех НГСО космических станций.

Шаг 11: Определите, видна ли эта НГСО космическая станция с ГСО спутника, используя алгоритм в § 5.4.2 части D.

Шаг 12: Если НГСО космическая станция видна с ГСО спутника, то исполните шаги 13–18.

Шаг 13: Вычислите э.и.и.м. (дБ(Вт/BW_{нф})) НГСО космической станции в направлении ГСО спутника, используя маску э.и.и.м. в § 3 части C.

- Шаг 14:* Рассчитайте G_{RX} = относительному усилению при приеме (дБ) на ГСО спутнике, используя подходящую диаграмму усиления, указанную в алгоритмах в § 5.5 части D.
- Шаг 15:* Рассчитайте D = расстоянию (км) между НГСО космической станцией и ГСО спутником, используя алгоритм в § 5.4.1 части D.
- Шаг 16:* Рассчитайте коэффициент расширения $L_{FS} = 10 \log(4\pi D^2) + 60$.
- Шаг 17:* Рассчитайте э.п.п.м._{МСi} для этого НГСО спутника:

$$\text{э.п.п.м.}_{\text{МСi}} = \text{э.и.и.м.} - L_{FS} + G_{RX} - G_{\text{max}}$$

- Шаг 18:* Увеличьте э.п.п.м._{МС} на приращение э.п.п.м._{МСi}.

Подшаг 19: Увеличьте статистику э.п.п.м._{МС} на эту величину э.п.п.м._{МСi}.

Если задействован алгоритм с двумя временными шагами, то должен использоваться указанный ниже шаг:

Подшаг 19.1: Увеличьте статистику э.п.п.м._{МС} на величину э.п.п.м._{МСi} для этого временного шага с помощью ввода параметра $T_{\text{step}}/T_{\text{fine}}$.

- Шаг 20:* Вычислите функцию CDF э.п.п.м._{МС} из функции PDF э.п.п.м._{МСi}, используя алгоритм в § 7.1.2 части D.
- Шаг 21:* Сравните статистику э.п.п.м._{МС} с предельными уровнями, используя алгоритм в § 7.1 части D.
- Шаг 22:* Выходные данные представляются в формате, указанном в § 7.2 части D.

4.2.5.2 Подход с применением аналитического метода

Для расчета значений э.п.п.м._{МС}, поступающей от одной НГСО системы на один спутник ГСО системы, должен использоваться приведенный ниже алгоритм. При необходимости этот алгоритм может использоваться параллельно на нескольких ГСО системах.

- Шаг 1:* Введите параметры для НГСО системы, указанные в § 4.1.4.2 части D.
- Шаг 2:* Введите параметры ГСО системы, указанные в § 4.1.4.3 части D.
- Шаг 3:* При необходимости, вычислите местоположение на ГСО для наихудшего случая, используя алгоритм в § 4.1.2 части D.
- Шаг 4:* Инициализируйте статистические данные, обнулив все бины значений э.п.п.м._{МС}.
- Шаг 5:* Разделите на части плоскость φ – θ эталонного НГСО спутника.
- Шаг 6:* Повторите шаги 7–19 для каждого элемента (ячейки) разделенной на части плоскости φ – θ .
- Шаг 7:* Рассчитайте вероятность ПРОБ нахождения эталонного НГСО спутника внутри ячейки в соответствии с выражением в § 6.1 части D.
- Шаг 8:* Поместите эталонный НГСО спутник в центре ячейки.
- Подшаг 8.1:* Определите местоположение всех других спутников в группировке (существуют две возможные конфигурации группировки) в соответствии с выражениями в § 6.2 части D.
- Подшаг 8.2:* Повторите шаги 9–19 для каждой из двух конфигураций.
- Шаг 9:* Установите э.п.п.м._{МС} = 0.
- Шаг 10:* Повторите шаги 10–18 для всех НГСО космических станций.
- Шаг 11:* Определите, видна ли эта НГСО космическая станция с ГСО спутника, используя алгоритм в § 5.4.2 части D.
- Шаг 12:* Если НГСО космическая станция видна с ГСО спутника, то исполните шаги 13–18.

- Шаг 13:* Рассчитайте э.и.и.м. (дБ(Вт/ВW_{тff})) НГСО космической станции в направлении ГСО спутника, используя маску э.и.и.м. в § 3 части С.
- Шаг 14:* Рассчитайте G_{RX} = относительному усилению при приеме (дБ) на ГСО спутнике, используя подходящую диаграмму усиления, указанную в алгоритмах в § 5.5 части D.
- Шаг 15:* Рассчитайте D = расстоянию (км) между НГСО космической станцией и ГСО спутником, используя алгоритм в § 5.4.1 части D.
- Шаг 16:* Рассчитайте коэффициент расширения $L_{FS} = 10 \log(4\pi D^2) + 60$.
- Шаг 17:* Рассчитайте э.п.п.м._{Мсi} для этого НГСО спутника:
- $$\text{э.п.п.м.}_{\text{Мсi}} = \text{э.и.и.м.} - L_{FS} + G_{RX} - G_{\text{max}}$$
- Шаг 18:* Увеличьте э.п.п.м._{Мс} на приращение э.п.п.м._{Мсi}.
- Шаг 19:* Расположите на гистограмме э.п.п.м._{Мс} бин, соответствующий значению э.п.п.м._{Мс}, и добавьте к нему PROB/2.
- Шаг 20:* Вычислите функцию CDF э.п.п.м._{Мс} из функции PDF э.п.п.м._{Мс}, используя алгоритм в § 7.1.2 части D.
- Шаг 21:* Сравните статистику э.п.п.м._{Мс} с предельными уровнями, используя алгоритм в § 7.1 части D.
- Шаг 22:* Выходные данные представляются в формате, указанном в § 7.2 части D.

4.2.6 Выходные данные

Результатом применения данного алгоритма являются два массива с размером NEPFD_{is} (как указано в § 4.1 части D) в формате:

Массив значений NEPFD_IS EPFD _{is}	EPFD_IS_CALC[I]	(дБ(Вт/(м ² ·ВW _{тff})))
Массив процентных значений NEPFD_IS	PC_CALC[I]	%

где PC_CALC[I] – это процент времени, когда превышаете уровень EPFD_IS_CALC[I].

5 Геометрия и алгоритмы

В этом разделе приводится описание геометрии, которая определяет используемые в программном обеспечении основные алгоритмы. Одним из аспектов является преобразование в систему координат, основанную на обобщенных декартовых векторах. Точная ориентация вектора X в настоящей Рекомендации не указывается, чтобы дать возможность разработчикам осуществить альтернативные реализации. Выбранная ось не должна оказывать влияние на результаты определения спутниковых и земных координат относительно Земли.

Для оказания помощи разработчикам используются примеры систем координат, показывающие способ преобразования в обобщенные векторы, а также обратную процедуру.

5.1 Система координат Земли

На рисунке 24 показана эталонная система координат для земных станций.

РИСУНОК 24



O: начало координат

1503-24

Земля определяется как сфера с радиусом $= R_e$, указанным в § 2.5 части D. Земля вращается вокруг оси Z со скоростью $= \Omega_e$, определенной в § 2.5 части D. Перпендикулярно оси Z , пересекая Землю на экваторе, проходит плоскость XY .

Расположение земных станций на этой сфере основано на двух углах:

Широта: угол между линией от центра Земли до земной станции и плоскостью XY .

Долгота: угол, показанный на рисунке 25.

РИСУНОК 25



1503-25

Предполагается, что расположение земных станций постоянно и не меняется со временем.

В настоящей Рекомендации ориентация осей X и Y на плоскости XY не указывается, так как координаты всех местоположений определяются относительно Земли, а не одной отдельной инерциальной системы координат. Это позволяет использовать при необходимости в различных реализациях разные опорные точки, не оказывая влияния на результаты.

Одной из возможных реализаций является реализация, описываемая как геоцентрическая инерциальная система. Для этого примера преобразование из географических координат осуществляется с использованием формул:

$$\text{Long} = \arccos\left(\frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2}}\right) \quad \text{если } x \geq 0 \quad (12)$$

$$\text{Long} = -\arccos\left(\frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2}}\right) \quad \text{если } x < 0 \quad (13)$$

$$\text{Lat} = \arctan\left(\frac{z}{\sqrt{x^2 + y^2}}\right). \quad (14)$$

Если в этом примере используется система координат, то тогда преобразование из географических координат в координаты геоцентрической инерциальной системы имеет вид:

$$x = R_e \cos(\text{lat}) \cos(\text{long}) \quad (15)$$

$$y = R_e \cos(\text{lat}) \sin(\text{long}) \quad (16)$$

$$z = R_e \sin(\text{lat}), \quad (17)$$

где:

- (x, y, z) : координаты в геоцентрической инерциальной системе;
- long: географическая долгота;
- lat: географическая широта.

В этом примере уравнение координат геоцентрической инерциальной системы для движения точечной массы на поверхности Земли имеет вид:

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_e \cos(\text{lat}) \cos(\text{lon} + \Omega_e t) \\ R_e \cos(\text{lat}) \sin(\text{lon} + \Omega_e t) \\ R_e \sin(\text{lat}) \end{bmatrix}, \quad (18)$$

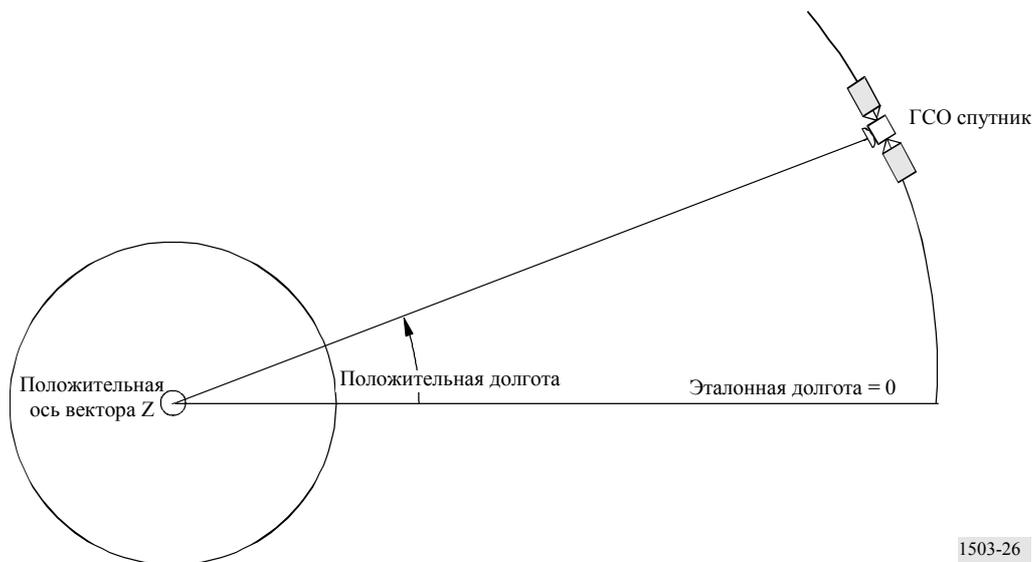
где:

- lat: географическая широта точечной массы на поверхности Земли;
- lon: географическая долгота точечной массы на поверхности Земли;
- t : время;
- Ω_e : угловая скорость вращения Земли.

5.2 Система координат ГСО спутника

Дуга геостационарной орбиты – это окружность в плоскости XY на расстоянии R_{geo} от центра Земли, где величина R_{geo} указывается в § 1.3 части А. Отдельные геостационарные спутники занимают на этой окружности позицию, определяемую по долготе, как показано на рисунке 26.

РИСУНОК 26



1503-26

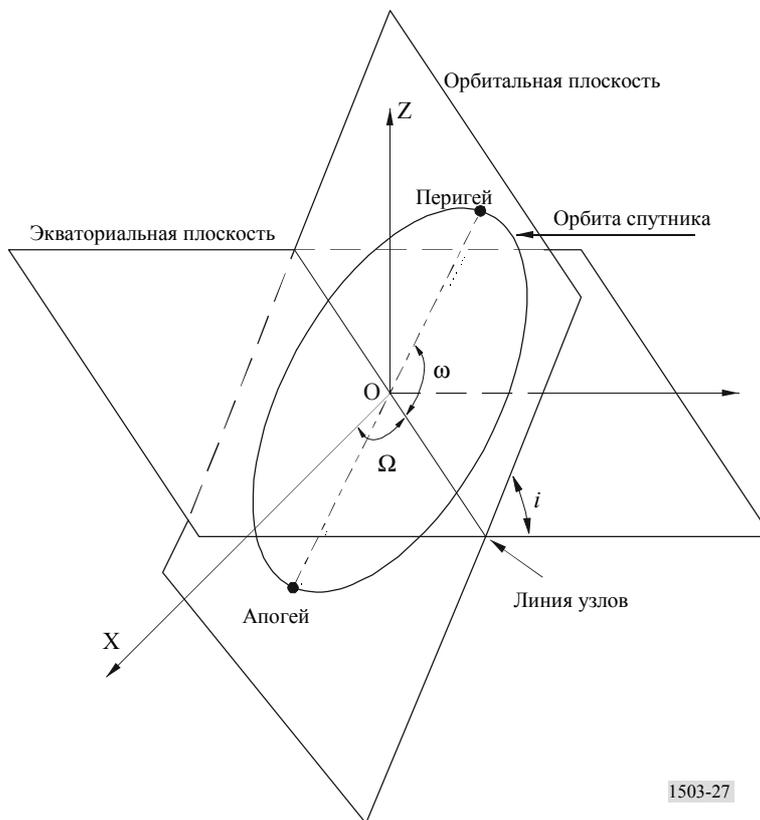
Предполагается, что геостационарные спутники имеют постоянную долготу, которая не меняется со временем. При преобразовании в векторы и при обратном преобразовании могут использоваться те же алгоритмы, что и в разделе, выше, посредством установки широты на нуль.

5.3 Система координат НГСО спутника

5.3.1 Параметры орбиты НГСО спутника

В этом разделе определяются параметры, характеризующие орбиты НГСО спутников. НГСО спутники движутся в плоскости, показанной на рисунке 27.

РИСУНОК 27



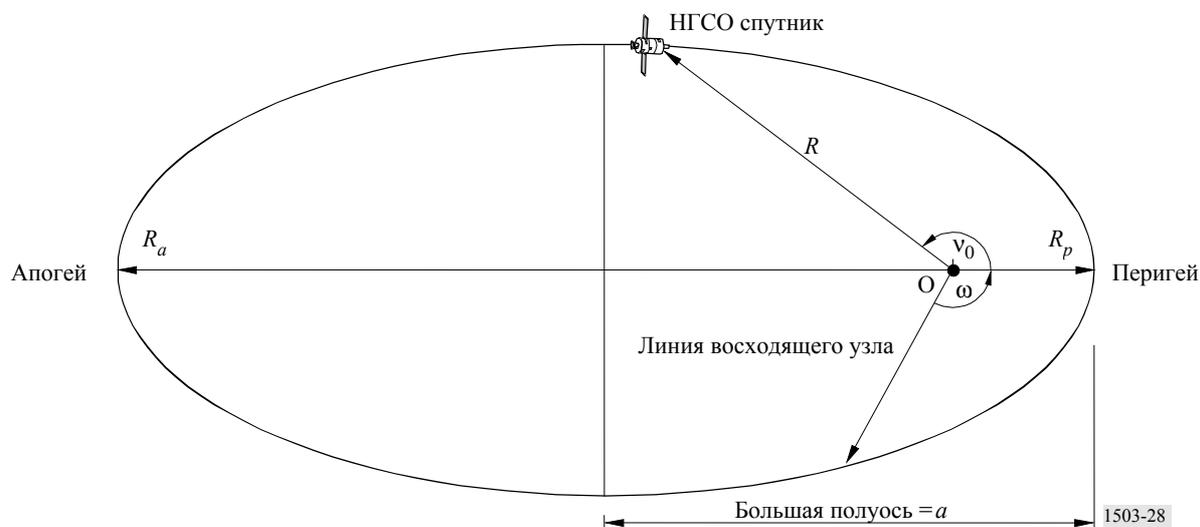
1503-27

Координаты плоскости орбиты определяются двумя углами:

- Ω : долгота восходящего узла: Этот угол определяет, где плоскость восходящего узла орбиты пересекает экваториальную плоскость. Так как орбита фиксирована в инерциальном пространстве в процессе вращения Земли, должна быть указана точка отсчета времени, для которой данный угол действителен. В таком случае эта точка соответствует началу моделирования.
- i : угол наклонения: Этот угол определяется как угол между плоскостью орбиты и экваториальной плоскостью.

Орбита и позиция НГСО спутника на орбите далее определяются с помощью дополнительных параметров, как показано на рисунке 28.

РИСУНОК 28



Форма орбиты определяется выражениями:

$$a = (R_a + R_p)/2 \quad (19)$$

$$e = (R_a - R_p) / (R_a + R_p), \quad (20)$$

где:

- a : большая полуось;
- e : эксцентриситет;
- R_a : расстояние от центра Земли до спутника в апогее;
- R_p : расстояние от центра Земли до спутника в перигее.

Расположение точки перигея на плоскости орбиты определяется с помощью:

- ω : аргумент перигея, угол между линией узлов и перигеем.

Позиция НГСО спутника на плоскости в заданное время определяется с помощью:

- ν_0 : угол между перигеем и заданной точкой на орбите.

Для круговых орбит угол ω может быть установлен на нуль, а угол ν_0 принимается таким же, что и аргумент широты, определяемый как:

$$\mu_0 = \omega + \nu_0. \quad (21)$$

Ниже приведены другие полезные параметры:

$$p = a(1 - e^2) \quad (22)$$

$$M = E - e \sin E \quad (23)$$

$$\tan \frac{v}{2} = \sqrt{\frac{1+e}{1-e}} \tan \frac{E}{2} \quad (24)$$

$$R = \frac{p}{1 + e \cos(v)} \quad (25)$$

$$T = 2\pi \sqrt{a^3/\mu}, \quad (26)$$

где:

p : фокальный параметр;

E : аномалия эксцентриситета;

M : средняя аномалия;

T : период орбиты;

R : расстояние от центра Земли до спутника, когда спутник находится на позиции v .

Эти параметры могут использоваться в алгоритме для расчета будущей позиции НГСО спутника, как описано в § 5.3.2.

5.3.2 Расчетчик орбиты НГСО спутника

При заданных в разделе, выше, элементах орбиты для расчета позиции спутника на будущее может использоваться стандартная механика орбиты. Кроме того, имеются три дополнительных фактора прецессии для восходящего узла и аргумента перигея, как описано далее.

Линия узлов

$$\bar{n} = n_0 \left(1 + \frac{3 J_2 R_e^2}{2 p^2} \left(1 - \frac{3}{2} \sin^2(i) \right) (1 - e^2)^{1/2} \right), \quad (27)$$

где:

$$J_2 = 1,083e-3$$

$$n_0 = \sqrt{\frac{\mu}{a^3}}.$$

Прецессия орбиты на долготе восходящего узла. Скорость векового дрейфа долготы восходящего узла определяется как:

$$\Omega_r = -\frac{3 J_2 R_e^2}{2 p^2} \bar{n} \cos(i). \quad (28)$$

Из вышесказанного следует, что полярные орбиты имеют нулевую скорость прецессии, а экваториальные орбиты – максимальную скорость. При прямом движении спутника ($i < 90^\circ$) восходящий узел смещается к западу (в направлении уменьшения Ω), а при обратном движении спутника ($i > 90^\circ$) он смещается к востоку (в направлении увеличения Ω).

Прецессия аргумента перигея. Скорость векового смещения аргумента перигея определяется как:

$$\omega_r = \frac{3 J_2 R_e^2}{2 p^2} \bar{n} \left(2 - \frac{5}{2} \sin^2(i) \right). \quad (29)$$

Скорость прецессии аргумента перигея для углов $i = 0$ и $i = 180^\circ$ является максимальной. Для $i_1 = 63^\circ 26' 06''$ или $i_2 = 116^\circ 33' 54''$ скорость прецессии равна нулю. Если $i < i_1$ или $i > i_2$, прецессия перигея наблюдается вдоль направления движения спутника, а если $i_1 < i < i_2$, то – в противоположном направлении.

Использование параметров для определения прецессии

Аргумент перигея определяется как:

$$\omega = \omega_0 + \omega_r t, \quad (30)$$

где:

ω_0 : аргумент перигея в начальный момент;

ω_r : скорость прецессии аргумента перигея.

Текущее значение долготы восходящего узла определяется как:

$$\Omega = \Omega_0 + \Omega_r t, \quad (31)$$

где:

Ω_0 : долгота восходящего узла в начальный момент;

Ω_r : скорость прецессии долготы восходящего узла.

Преобразование в обобщенный вектор, основанный на декартовой системе координат, зависит от направления вектора X . Для системы координат, рассматриваемой в качестве примера, и для круговых орбит уравнение движения спутника в геоцентрической инерциальной системе координат может определяться как:

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R(\cos(v + \omega)\cos(\Omega) - \sin(v + \omega)\sin(\Omega)\cos(i)) \\ R(\cos(v + \omega)\sin(\Omega) + \sin(v + \omega)\cos(\Omega)\cos(i)) \\ R\sin(v + \omega)\sin(i) \end{bmatrix}. \quad (32)$$

Движение спутника по эллиптической орбите неравномерно, поэтому в модели для определения истинной аномалии в зависимости от времени будут использоваться уравнение Кеплера и концепция средней аномалии. Поскольку точные данные о зависимости истинной аномалии от времени отсутствуют, то для определения такой зависимости использовались численные методы решения приведенного ниже выражения. Данное выражение имеет вид:

$$M = M_0 + \bar{n}t. \quad (33)$$

5.3.3 Применение для НГСО спутника системы удержания станции на орбите

Важным аспектом для системы удержания станции на орбите является моделирование нескольких проходов НГСО спутника через главный луч земной станции с незначительно меняющимися направлениями пересечения. Поскольку изменение позиции в плоскости орбиты не оказывает влияния, то тогда основным параметром, влияющим на изменения, является долгота восходящего узла.

Предлагаемый подход заключается в том, чтобы задать диапазон $\pm W_{\text{delta}}$ изменения долготы восходящего узла. В начале моделирования все станции в группировке характеризуются смещением этого параметра на $-W_{\text{delta}}$. В процессе моделирования это поле увеличится до 0 (в средней точке прогона программы), а затем увеличится до $\pm W_{\text{delta}}$.

Эта задача выполняется посредством вращения векторов позиции станции и скорости вокруг оси Z на требуемый угол, как указано в § 5.3.4 части D.

5.3.4 Вынужденная прецессия орбиты

Стандартный алгоритм расчета орбиты основан на точечной массе Земли плюс поправочные коэффициенты для возмущений J_2 . Возможны два случая, когда не нужно учитывать этот алгоритм:

- когда администрации в целях обеспечения повторяющейся проекции движения спутника на поверхность Земли предоставляют подробные данные о скорости прецессии орбиты относительно точечной массы Земли;
- для неповторяющихся орбит, когда для обеспечения необходимого разнеса между экваториальными проходами используется искусственно заданная скорость прецессии.

Реализация этих случаев осуществляется посредством вращения векторов позиции НГСО спутника и скорости вокруг оси Z на требуемый угол, используя матрицу вращения:

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{bmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\theta & -\sin\theta & 0 \\ \sin\theta & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} \quad (34)$$

для вращения на угол θ .

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Скорость прецессии орбиты, предоставляемая согласно пункту а), должна проверяться с помощью программного обеспечения на самосогласованность с другими входными параметрами.

5.4 Геометрия

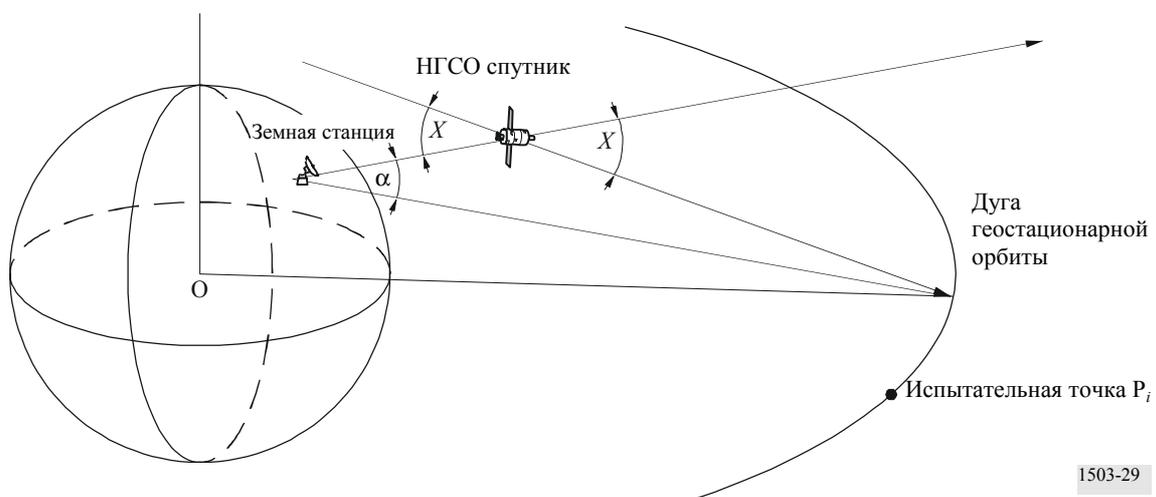
5.4.1 Проверка видимости спутника

Две станции (земные станции или спутники) являются видимыми, если прямое расстояние между ними меньше суммы расстояний до горизонта для каждой станции, при использовании модели сферической Земли, описанной в § 5.1.

5.4.2 Угол к дуге ГСО

На рисунке 29 показано определение угла α и угла X .

РИСУНОК 29



На этом рисунке показаны испытательная земная станция и НГСО спутник.

Для каждой испытательной точки P_i на дуге ГСО существует линия от земной станции, которая пересекает эту точку. В этом случае угол между данной линией и линией от земной станции до НГСО спутника равен α_i .

Угол α является минимальным из всех испытательных точек и для него вышеуказанная линия не пересекает Землю, то есть

$$\alpha = \min (\alpha_i).$$

Аналогично, для каждой испытательной точки P_i на дуге ГСО существует линия от НГСО спутника, которая пересекает эту точку. В этом случае угол между данной линией и линией от земной станции до НГСО спутника равен X_i .

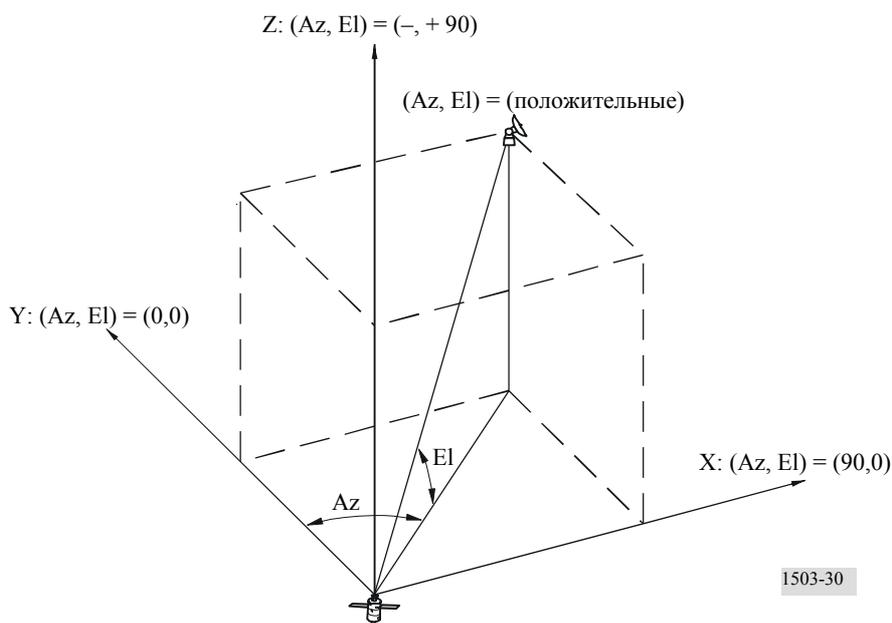
Угол X является минимальным из всех испытательных точек и для него вышеуказанная линия не пересекает Землю, то есть

$$X = \min (X_i).$$

5.4.3 Азимут и угол места спутника

На рисунке 30 показано определение азимутального угла и угла места, используемое для НГСО спутника.

РИСУНОК 30



Следует отметить, что направления векторов X , Y , Z в декартовой системе координат на этом рисунке таковы:

- X : положительное в восточном направлении от НГСО спутника;
- Y : в направлении центра Земли от НГСО спутника;
- Z : положительное в северном направлении от НГСО спутника.

5.5 Диаграммы усиления

В этом разделе определяются диаграммы усиления, используемые для земных станций и спутников. Следует отметить, что во все формулы включено пиковое усиление, поэтому там, где требуется относительное усиление, значение пикового усиления нужно вычесть.

5.5.1 Диаграммы усиления ГСО земной станции

5.5.1.1 Диаграмма усиления земной станции ФСС

Подлежащая использованию диаграмма усиления земной станции ФСС приведена в Рекомендации МСЭ-R S.1428.

5.5.1.2 Диаграмма усиления земной станции РСС

Подлежащая использованию диаграмма усиления земной станции РСС приведена в Рекомендации МСЭ-R ВО.1443.

5.5.2 Диаграмма усиления ГСО спутника

Значения пикового усиления и ширины луча по половинной мощности, а также подлежащая использованию эталонная диаграмма излучения антенны приведены в Статье 22 РР.

5.5.3 Диаграмма усиления НГСО земной станции

Эти данные предоставляются как часть заявления на регистрацию НГСО систем, либо в форме табулированных значений, либо в виде ссылок на стандартные диаграммы направленности, определенные в Рекомендациях МСЭ-R.

6 Подход с применением аналитического метода

Аналитический метод может использоваться для оценки статистических характеристик помехи (например, э.п.п.м.) в среде, содержащей НГСО сети. В последующих параграфах аналитический метод применяется для оценки статистических характеристик уровней э.п.п.м., создаваемых НГСО сетью приемникам (на земной станции или на спутниках) ГСО сетей.

Методика

Рассмотрим помеховую ситуацию, включающую одну мешающую НГСО сеть и одну (или несколько) ГСО сетей, испытывающих помехи. Применяемый в этом методе подход к оценке помех в такой среде учитывает тот факт, что если позиция одного отдельного спутника (называемого далее эталонным (reference) спутником) в мешающей НГСО группировке известна, то уровни э.п.п.м., оказывающие негативное воздействие на приемники в ГСО спутниковых сетях (считая, что все параметры системы заданы) могут быть определены единственным образом. Кроме того, данная методика предполагает, что позиции этого эталонного спутника характеризуются случайным вектором. Исходя из этих предположений уровни э.п.п.м. можно рассматривать как случайные переменные, являющиеся детерминистическими функциями случайной позиции $\mathbf{x} = (\varphi, \theta)^T$ (долгота φ и широта θ) НГСО эталонного спутника, и поэтому их функции плотности вероятности могут быть определены из функции плотности вероятности $p_x(\Phi, \Theta)$ | позиции (долгота и широта) эталонного спутника.

Для спутника, расположенного на эллиптической орбите вокруг Земли, когда аргумент перигея равен $\pm\pi/2$, эта функция плотности вероятности (см. Примечание 1) определяется как:

$$p_x(\Phi, \Theta) = \begin{cases} \frac{k(1+e)}{2\pi^2} \frac{\cos\Theta}{\sqrt{\sin^2\delta - \sin^2\Theta}} \left[\frac{2\sin\delta}{(1+k^2)\sin\delta - (1-k^2)g(\Theta)} \right]^2 & \text{для } -\delta < \Theta \leq \delta \\ 0 & -\pi < \Phi \leq \pi \end{cases} \quad (35)$$

в противном случае,

где:

δ : угол между орбитальной плоскостью и экваториальной плоскостью.

$$k = \sqrt{\frac{1+e}{1-e}} \quad (36)$$

e : обозначает эксцентриситет орбиты и

$$g(\Theta) = \cos \omega \sqrt{\sin^2 \delta - \sin^2 \Theta} + \sin \omega \sin \Theta, \quad (37)$$

где ω – аргумент перигея.

Используя уравнение (35), можно, например, определить вероятность нахождения того или иного спутника внутри любого заданного района на небосводе. Для конкретного случая круговых орбит ($e = 0 \rightarrow k = 1$) уравнение (35) сокращается до:

$$p_x(\Phi, \Theta) = \begin{cases} \frac{1}{2\pi^2} \frac{\cos \Theta}{\sqrt{\sin^2 \delta - \sin^2 \Theta}} & \text{для } -\delta < \Theta \leq \delta \\ & -\pi < \Phi \leq \pi \\ 0 & \text{в противном случае.} \end{cases} \quad (38)$$

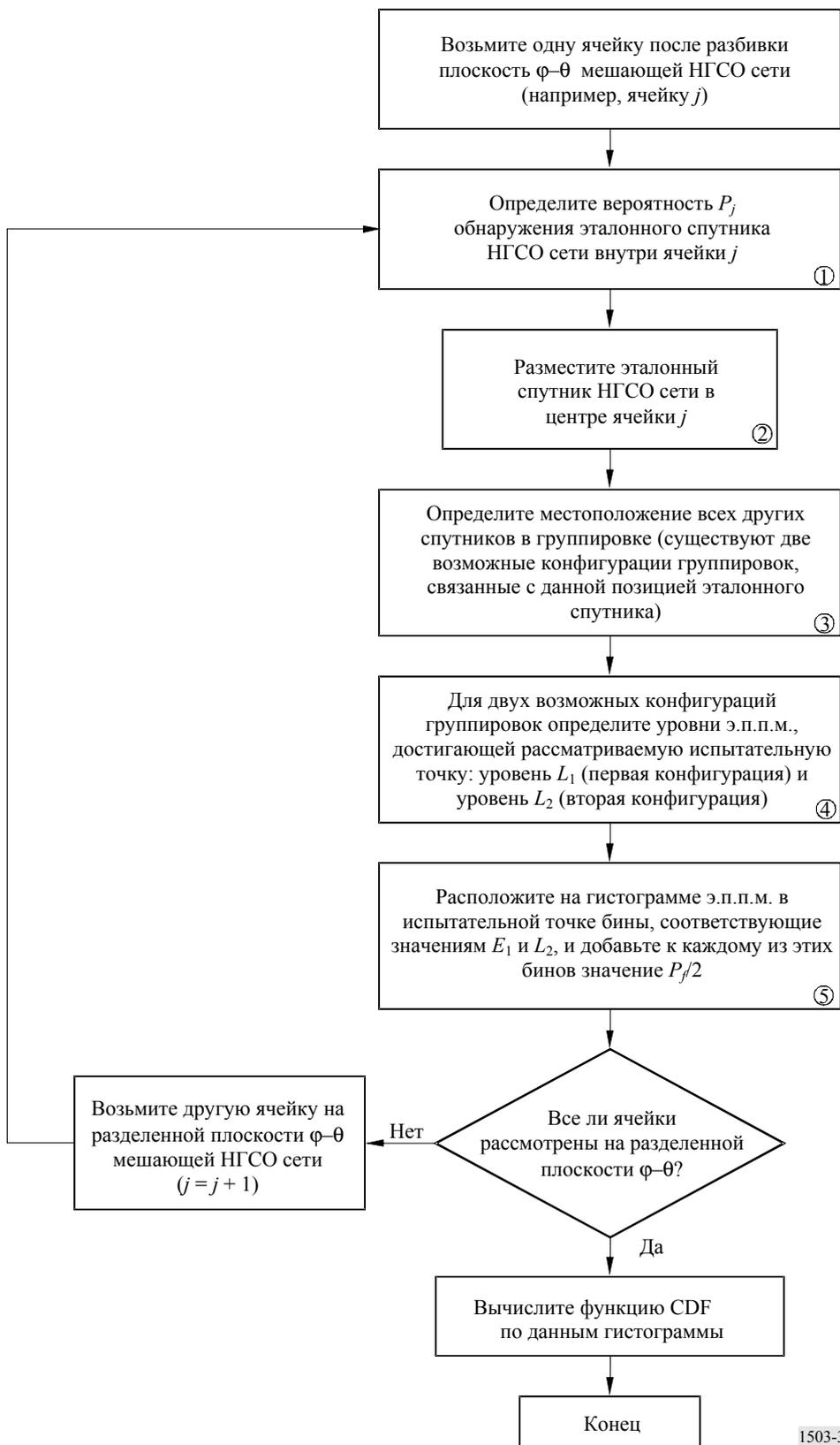
ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Разработано и рассматривается Рабочей группой 4А по радиосвязи общее выражение для этой функции плотности вероятности, действительное для любого спутника на эллиптической орбите.

Процедура получения функций CDF э.п.п.м.

В целях упрощения предположим, что в помеховую среду включена только одна НГСО сеть. Значения долготы и широты эталонного спутника этой НГСО спутниковой сети берутся на плоскости $\varphi-\theta$ ($-\pi < \varphi \leq \pi$, $\delta \leq \theta \leq \delta$). На первом этапе эта плоскость точно разделяется на небольшие прямоугольные ячейки. Предполагается, что эталонный спутник расположен в центре каждой из этих разделенных ячеек и для этого условия определяются позиции всех других спутников в группировке. Когда позиции всех спутников будут известны, оценивается уровень(и) э.п.п.м. в требуемой испытательной точке (или точках). Для расчета распределения вероятностей квантованной версии этих величин полученное значение квантуется до ближайшего уровня квантования, и вероятность нахождения эталонного спутника внутри рассматриваемой ячейки, полученная с использованием функции плотности вероятности в уравнении (35), добавляется к текущему значению вероятности, связанному с соответствующим уровнем квантования. Эта процедура затем повторяется для всех разделенных ячеек, и полученная таким образом гистограмма интегрируется для расчета требуемой CDF. Описанная выше процедура иллюстрируется блок-картой на рисунке 31. Она отражает алгоритм и процедуры расчета, представленные в § 3.5.2 и 4.1.6.2 части D.

РИСУНОК 31

Блок-схема аналитического метода



К процедуре, описанной в предыдущих параграфах, можно отнести следующие дополнительные замечания:

а) Хотя разбиение плоскости φ – θ на прямоугольные ячейки не обязательно должно быть разбиением сеточного типа, использование таких разбиений удобно для целей реализации программы. Однако, чтобы избежать чрезмерно большого количества требуемого машинного времени вычислений при применении предложенного аналитического метода в сложных ситуациях с привлечением большого числа земных станций и спутников, необходимо учитывать следующие моменты:

- Сетка квантования плоскости φ – θ должна быть достаточно мелкой для выявления быстрых изменений уровней э.п.п.м., которые происходят в помеховых ситуациях, близких к расположению диаграмм станций по линии (то есть помех "по линии"). Однако точное квантование всей плоскости φ – θ может привести к чрезмерно большому времени машинных вычислений. Поэтому численную реализацию аналитического метода можно, в качестве варианта, разбить на две части. В первой части выполняются расчеты в тех областях плоскости φ – θ , где уровень э.п.п.м. может претерпевать большие изменения (близкие к помехам "по линии") и где требуется более точное квантование таких областей. Во второй части процедуры вычислений выполняются расчеты в областях плоскости φ – θ , где уровень э.п.п.м. претерпевает плавные изменения, при этом допускается более грубое квантование. Нахождение областей на плоскости φ – θ , связанных с потенциальными помеховыми ситуациями, близкими к помехам "по линии" (РПИ), соответствует определению таких областей, когда при нахождении эталонного спутника в пределах одной из этих областей могут иметь место события появления помех "по линии", включающие один или несколько спутников в группировке. Важным моментом здесь является обеспечение условия, что если эталонный спутник не находится в пределах одной из этих областей, то помехи "по линии" не возникают и может использоваться более грубая сетка квантования. Области возможных помех "по линии" (РПИ) обычно определяются как прямоугольные области вокруг точек возможных помех "по линии" (РПИ). Такие точки РПИ можно найти при использовании методики, описанной в § 6.3 части D.
- После обнаружения возможного появления помеховых ситуаций, близких к помехам "по линии" (эталонный спутник находится в пределах одной из областей, где возможны помехи "по линии"), важно определить, какие спутники и земные станции затронуты в данной помеховой ситуации. Вычисления э.п.п.м. для этого метода могут быть выполнены с учетом того, что только несколько входных данных по помехам (те, которые связаны с событиями помех "по линии") должны быть пересчитаны, когда эталонный спутник меняет свое местоположение в пределах рассматриваемой области потенциальных помех "по линии". Эта мера могла бы сэкономить значительное количество машинного времени вычислений при наличии большого числа входных данных по помехам.

б) При заданной позиции эталонного спутника определение позиций всех других спутников в группировке (блок 3 на диаграмме рисунка 31) представляет собой проблему, имеющую два возможных решения. Это обусловлено тем фактом, что эталонный спутник может находиться в двух различных орбитальных плоскостях с одним и тем же наклоном. В предлагаемой процедуре должны приниматься во внимание оба решения. В случае круговых орбит нахождение этих решений представляет собой несложную задачу, поскольку высота спутников заранее известна. Для спутников с эллиптическими орбитами эта процедура более сложная, так как высоты спутников изменяются со временем (см. § 6.2 части D).

6.1 Вероятность нахождения эталонного спутника внутри прямоугольной ячейки

Вероятность нахождения эталонного спутника внутри прямоугольной ячейки (например, ячейки j) в плоскости φ – θ , определяемой углами $\varphi \in [\varphi_m, \varphi_M]$, $\theta \in [\theta_m, \theta_M]$, может быть получена с использованием функции плотности вероятности в уравнении (35) и определяется как:

$$P_j = \frac{\varphi_M - \varphi_m}{2\pi} \begin{cases} [f(c_M) + f(\pi - c_m) - f(\pi - c_M) - f(c_m)] & \text{для } \theta_m \geq 0, \theta_M > 0 \\ [1 + f(c_M) + f(-\pi - c_m) - f(\pi - c_M) - f(c_m)] & \text{для } \theta_m < 0, \theta_M \geq 0 \\ [f(c_M) + f(-\pi - c_m) - f(-\pi - c_M) - f(c_m)] & \text{для } \theta_m < 0, \theta_M < 0 \end{cases} \quad (39)$$

при:

$$f(x) = \begin{cases} 0 & \text{для } -\infty < x \leq -\pi \\ \frac{1}{2} - \frac{k e}{2\pi} \frac{\tan(x/2)}{\tan^2(x/2) + k^2} + \frac{1}{\pi} \arctan\left(\frac{\tan(x/2)}{k}\right) & \text{для } -\pi < x \leq \pi \\ 1 & \text{для } \pi < x < \infty \end{cases} \quad (40)$$

и где:

$$c_m = \arcsin\left(\frac{\sin\theta_m}{\sin\delta}\right) - \omega \quad (41)$$

и

$$c_M = \arcsin\left(\frac{\sin\theta_M}{\sin\delta}\right) - \omega \quad (42)$$

В случае круговых орбит, $\omega = 0$ в уравнениях (41) и (42) и когда $e = 0 \rightarrow k = 1$, уравнение (40) сокращается до вида:

$$f(x) = \begin{cases} 0 & \text{для } -\infty < x \leq -\pi \\ \frac{1}{2}\left(1 + \frac{x}{\pi}\right) & \text{для } -\pi < x \leq \pi \\ 1 & \text{для } \pi < x < \infty \end{cases} \quad (43)$$

6.2 Определение позиции всех спутников в группировке

В этом разделе используются следующие обозначения и определения:

\mathbf{u}	Единичный вектор в направлении эталонного спутника
δ	Угол наклона орбиты
β	Угол разноса спутников в пределах орбитальной плоскости (исходя из средней аномалии)
ψ	Угол между пересечениями соседних орбитальных плоскостей и экваториальной плоскостью
λ	Фазирование спутников между плоскостями
r	Радиус орбиты (круговая орбита)
a	Большая полуось эллиптической орбиты
e	Эксцентриситет орбиты
ω	Аргумент перигея
\mathbf{k}_z	Единичный вектор в направлении оси z
γ_ℓ	Истинная аномалия эталонного спутника в конфигурации группировки ℓ , измеренная от линии узлов

ν_ℓ	Истинная аномалия эталонного спутника в конфигурации группировки ℓ
E_ℓ	Аномалия эксцентриситета эталонного спутника в конфигурации группировки ℓ
M_ℓ	Средняя аномалия эталонного спутника в конфигурации группировки ℓ
$(M_i^j)_\ell$	Средняя аномалия i -го спутника в j -й орбитальной плоскости, соответствующая конфигурации группировки ℓ
$(E_i^j)_\ell$	Аномалия эксцентриситета i -го спутника в j -й орбитальной плоскости, соответствующая конфигурации группировки ℓ
$J_n(\cdot)$	Функция Бесселя первого класса и порядка n
$(\nu_i^j)_\ell$	Истинная аномалия i -го спутника в j -й орбитальной плоскости, соответствующая конфигурации группировки ℓ
$(\mathbf{u}_i^j)_\ell$	Единичный вектор в направлении i -го спутника в j -й орбитальной плоскости, соответствующий конфигурации группировки ℓ
$(\mathbf{p}_i^j)_\ell$	Вектор позиции i -го спутника в j -й орбитальной плоскости, соответствующий конфигурации группировки ℓ
$(r_i^j)_\ell$	Расстояние от центра Земли i -го спутника в j -й орбитальной плоскости, соответствующее конфигурации группировки ℓ

Рассмотрим геоцентрическую, геостационарную систему прямоугольных координат, в которой оси x и y находятся в экваториальной плоскости, а ось z направлена к северу. Пусть \mathbf{u} обозначает единичный вектор, указывающий местоположение эталонного спутника, а $(\mathbf{p}_i^j)_\ell$ – вектор, характеризующий позицию i -го спутника в j -й орбитальной плоскости, соответствующую конфигурации ℓ , $\ell = 1, 2$ группировки. При определении местоположений $(\mathbf{p}_i^j)_\ell$ ($i = 0, \dots, N_{\text{спутников в плоскости}} - 1$, $j = 0, \dots, N_{\text{плоскостей}} - 1$, $\ell = 1, 2$) всех спутников в двух конфигурациях группировки должны использоваться приведенные ниже шаги.

Шаг 1: Пусть $\mathbf{u} = (u_x, u_y, u_z)^T$ и рассчитаем, для $\ell = 1, 2$, единичные векторы \mathbf{n}_ℓ , определяемые как:

$$\mathbf{n}_\ell = \begin{pmatrix} (-u_z \cos \delta - a_\ell u_y) / u_x \\ a_\ell \\ \cos \delta \end{pmatrix} \quad (44)$$

при

$$a_\ell = \frac{-u_y u_z \cos \delta + (-1)^\ell u_x \sqrt{(u_x^2 + u_y^2) \sin^2 \delta - u_z^2 \cos^2 \delta}}{u_x^2 + u_y^2}.$$

Шаг 2: Пусть \mathbf{k}_z – единичный вектор в направлении оси z и рассчитаем следующие величины для $\ell = 1, 2$:

$$\mathbf{w}_\ell = \mathbf{k}_z \times \mathbf{n}_\ell \quad (\text{знак } \times \text{ означает векторное произведение})$$

$$\gamma_\ell = \arccos\left(\frac{\mathbf{u}^T \mathbf{w}_\ell}{|\mathbf{w}_\ell|}\right) \operatorname{sgn}(u_z) \quad (T \text{ означает транспонирование, а } \operatorname{sgn}() \text{ – сигнум-функцию})$$

$$\nu_\ell = (\gamma_\ell - \omega)_{\text{MOD } 2\pi}$$

$$E_\ell = 2 \arctan\left(\frac{\tan(\nu_\ell/2)}{k}\right) \quad \text{где } k = \sqrt{\frac{1+e}{1-e}}$$

$$M_\ell = E_\ell - e \sin E_\ell$$

$$(M_i^j)_\ell = M_\ell + i \beta + j \lambda \quad (45)$$

$$(E_i^j)_\ell = (M_i^j)_\ell + 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} J_n(ne) \sin(n(M_i^j)_\ell)$$

$$(\nu_i^j)_\ell = 2 \arctan\left(k \tan \frac{(E_i^j)_\ell}{2}\right)$$

$$(\alpha_i^j)_\ell = (\nu_i^j)_\ell - \nu_\ell. \quad (46)$$

Следует отметить, что величина β в уравнении (45) обычно определяется как:

$$\beta = \frac{2\pi}{N_{\text{спутников в плоскости}}}.$$

Шаг 3: Определяем векторы местоположений спутников в двух конфигурациях группировки как:

$$(\mathbf{p}_i^j)_\ell = (r_i^j)_\ell (\mathbf{u}_i^j)_\ell,$$

где:

$$(r_i^j)_\ell = \frac{a(1-e^2)}{1-e \cos((\nu_i^j)_\ell)}$$

и

$$(\mathbf{u}_i^j)_\ell = \cos((\alpha_i^j)_\ell) \mathbf{M}_j \mathbf{u} + \sin((\alpha_i^j)_\ell) \mathbf{M}_j \mathbf{b}_\ell$$

при:

$$\mathbf{b}_\ell = \mathbf{u} \times \mathbf{n}_\ell$$

и

$$\mathbf{M}_j = \begin{pmatrix} \cos j\psi & -\sin j\psi & 0 \\ \sin j\psi & \cos j\psi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

Угол ψ обычно определяется как:

$$\psi = \frac{2\pi}{N_{\text{плоскостей}}}.$$

В частном случае круговых орбит, поскольку истинная аномалия, аномалия эксцентриситета и средняя аномалия имеют одно и то же значение и поскольку $a = r$ и $e = 0 \rightarrow k = 1$, шаги 2 и 3 упрощаются до вида:

Шаг 2:

$$(\alpha_i^j)_\ell = i\beta + j\lambda$$

Шаг 3:

$$(\mathbf{p}_i^j)_\ell = r(\mathbf{u}_i^j)_\ell,$$

где:

$$(\mathbf{u}_i^j)_\ell = \cos((\alpha_i^j)_\ell) \mathbf{M}_j \mathbf{u} + \sin((\alpha_i^j)_\ell) \mathbf{M}_j \mathbf{b}_\ell$$

при:

$$\mathbf{b}_\ell = \mathbf{u} \times \mathbf{n}_\ell$$

и

$$\mathbf{M}_j = \begin{pmatrix} \cos j\psi & -\sin j\psi & 0 \\ \sin j\psi & \cos j\psi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

6.3 Выбор приращений долготы и широты для мелкой и крупной сеток

Сетка квантования плоскости φ – θ должна быть достаточно мелкой для выявления быстрых изменений уровней э.п.п.м., которые происходят в помеховых ситуациях, близких к помехам "по линии". Однако точное квантование всей плоскости φ – θ может привести к чрезмерно большому времени машинных вычислений. Поэтому численную реализацию аналитического метода можно, в качестве варианта, разбить на две части. В первой части выполняются расчеты в тех областях плоскости φ – θ , где уровень э.п.п.м. может претерпевать большие изменения (близкие к помехам "по линии") и где требуется точное квантование таких областей. Эти области называются здесь RPII. Во второй части процедуры вычислений выполняются расчеты в областях плоскости φ – θ , где уровень э.п.п.м. претерпевает плавные изменения, при этом допускается более грубое квантование. Предполагается, что приращения долготы и широты, $\Delta\varphi_f$ и $\Delta\theta_f$, для мелкой сетки выбираются таким образом, чтобы:

$$\Delta\varphi_f \leq \frac{\varphi}{10} \quad \text{и} \quad \Delta\theta_f \leq \frac{\varphi}{10},$$

где φ – это геоцентрический угол, определяемый уравнением (3) для вычислений э.п.п.м. $_{\uparrow/\downarrow}$ и уравнением (4) для вычислений э.п.п.м. $_{\text{мс}}$. Приращения долготы и широты, $\Delta\varphi_c$ и $\Delta\theta_c$, для крупной сетки должны выбираться следующим образом:

$$\Delta\varphi_c = 1,5\varphi \quad \text{и} \quad \Delta\theta_c = 1,5\varphi,$$

где φ определяется уравнением (3) для вычислений э.п.п.м.↑/↓ и уравнением (4) для вычислений э.п.п.м.-мс.

Нахождение областей на плоскости $\varphi-\theta$, связанных с потенциальными помеховыми ситуациями, близкими к помехам "по линии" (РПИ), соответствует определению таких областей, когда при нахождении эталонного спутника в пределах одной из этих областей могут иметь место события появления помех "по линии", включающие один или несколько спутников в группировке. Важным моментом здесь является обеспечение условия, чтобы, если эталонный спутник не находится в пределах одной из этих областей, помехи "по линии" не возникали и могла использоваться более грубая сетка квантования. Области РПИ определяются как области (обычно прямоугольные) вокруг точек РПИ. Такие точки РПИ можно найти при использовании методики, описанной в § 6.4 части D. Предполагается, что области РПИ должны определяться в виде квадратной области размером $\Delta \times \Delta$ градусов вокруг точек РПИ,

$$\Delta = 5\varphi,$$

где φ определяется уравнением (3) для вычислений э.п.п.м.↑/↓ и уравнением (4) для вычислений э.п.п.м.-мс.

Было отмечено, что хотя вышеуказанные значения приращений долготы и широты, а также размер области РПИ являются подходящими для ряда экспериментов, они, вероятно, должны корректироваться. Для очень больших земных станций (с весьма узкими лучами) потребуется уменьшение размера приращений широты и долготы, но допускается использование меньших по размеру областей РПИ. С другой стороны, земные станции с широким лучом допускают большие значения приращений широты и долготы, но требуют больших областей РПИ.

6.4 Определение точек РПИ

В случае использования необязательной мелкой сетки необходимо отметить следующие моменты:

6.4.1 Помехи на линии вверх (э.п.п.м.↑)

Для каждого испытывающего помехи ГСО спутника (испытательная точка) при определении точек РПИ в случае расчетов э.п.п.м.↑ должны выполняться следующие шаги:

- Шаг 1:* Для каждой земной станции мешающей НГСО сети определите позицию мешающего спутника сети, который находится на одной линии с рассматриваемой земной станцией и испытывающим помехи ГСО спутником.
- Шаг 2:* Поместите эталонный спутник в эту позицию и определите позиции всех других спутников в группировке для двух возможных конфигураций, в соответствии с § 6.2 части D.
- Шаг 3:* Эти $N_{\text{НГСО земных станций}} \times N_{\text{НГСО спутников}} \times 2$ позиции спутников образуют совокупность точек РПИ.

Следует отметить, что алгоритм отключения должен обеспечивать, чтобы НГСО земная станция не вела передачи в направлении НГСО спутников, которые находятся в зоне исключения, и поэтому использование мелкой сетки для линии вверх вероятно не является необходимым.

6.4.2 Помехи на линии вниз (э.п.п.м.↓)

Для каждой испытывающей помехи ГСО земной станции (испытательная точка) при определении точек РПИ в случае расчетов э.п.п.м.↓ должны выполняться следующие шаги:

- Шаг 1:* Определите позицию мешающего спутника сети, который находится на одной линии с рассматриваемой испытывающей помехи земной станцией ГСО сети (испытательная точка) и обслуживающим ее ГСО спутником.
- Шаг 2:* Поместите эталонный спутник в эту позицию и определите позиции всех других спутников в группировке для двух возможных конфигураций, в соответствии с § 6.2 части D.

Шаг 3: Эти $N_{\text{НГСО спутников}} \times 2$ позиции спутников образуют совокупность точек РРП.

6.4.3 Помехи между спутниками э.п.п.м._{мс}

Для каждого испытываемого помехи ГСО спутника (испытательная точка) при определении точек РРП в случае расчетов э.п.п.м._{мс} должны выполняться следующие шаги:

Шаг 1: Пусть $N_{\text{ГСО спутниковых лучей}}$ обозначает число лучей на совпадающей частоте в рассматриваемых, испытываемых помехи ГСО спутниках. Для каждого из этих лучей определите позицию мешающего НГСО спутника, который находится на оси луча.

Шаг 2: Поместите эталонный спутник в эту позицию и определите позиции всех других спутников в группировке для двух возможных конфигураций, в соответствии с § 6.2 части D.

Шаг 3: Эти $N_{\text{ГСО спутниковых лучей}} \times N_{\text{НГСО спутников}} \times 2$ позиции спутников образуют совокупность точек РРП.

6.5 Дополнительное использование мелких сеток

Быстрые изменения э.п.п.м. могут происходить также в случаях, когда спутники приближаются к пограничной кривой, которая характеризует зону угла исключения в плоскости $\phi-\theta$. Вблизи этой пограничной кривой (области поблизости от зоны исключения (EZVR)) могут также использоваться мелкие сетки для лучшего обнаружения этих быстрых изменений. Для определения этих областей EZVR должны выполняться следующие шаги:

Шаг 1: Определите в крупной сетке, какие ячейки содержат пограничную кривую зоны исключения. Пусть, например, число ячеек, удовлетворяющих этому условию, равно N_{EZ} .

Шаг 2: Для каждой из этих N_{EZ} ячеек поместите эталонный спутник в ее центр и определите позиции всех других спутников в группировке для двух возможных конфигураций, в соответствии с § 6.2 части D, и выявите ячейки в крупной сетке, содержащие их.

Шаг 3: Эти $N_{EZ} \times N_{\text{НГСО спутников}} \times 2$ ячейки крупной сетки образуют совокупность ячеек крупной сетки, внутри которой должна использоваться более мелкая сетка.

7 Структура и формат результатов

7.1 Решение "go/no-go"

7.1.1 Общее описание процесса принятия решения

В процессе применения моделирования по времени создается функция распределения вероятностей (PDF) п.п.м. Функция PDF отображает для каждого уровня п.п.м. число временных шагов моделирования, в течение которых наблюдается этот уровень п.п.м., разделенное на сумму всех бинов. PDF преобразуется в кумулятивную функцию распределения (CDF), которая отображает для каждого уровня п.п.м. число временных шагов моделирования, в течение которых этот уровень п.п.м. превышает, нормированное к общему числу временных шагов моделирования.

При использовании аналитического метода непосредственно определяется функция PDF п.п.м. Эта функция PDF отображает вероятность появления каждого уровня п.п.м. Значения вероятности соответствуют процентам времени, когда данный уровень п.п.м. появляется в неопределенный интервал времени наблюдения. Эта функция PDF также может быть преобразована в CDF.

7.1.2 Вычисление функции CDF

Функция PDF значений п.п.м. рассчитывается посредством процедуры, подробно описанной в § 3.5 части D. PDF преобразуется в функцию (CDF), которая отображает для каждого уровня п.п.м. время в процентах, в течение которого этот уровень п.п.м. превышает.

Для каждого значения п.п.м. функция CDF определяется как:

$$CDF_i = 100 (1 - \text{SUM} (\text{PDF}_{min}; \text{PDF}_i)),$$

где:

PDF_x : табличные данные PDF для уровня п.п.м. в X дБ, нормированные таким образом, чтобы общая сумма для всех PDF_x составляла 1.

7.1.3 Процедура сравнения

Следующим этапом является сравнение указанных в РР предельных значений п.п.м. со значениями в таблице вероятностей.

Шаг 1: Выполните шаги 2–4 для каждого предела i в технических условиях.

Шаг 2: Введите из базы данных информацию об уровне/вероятности п.п.м. для пары (J_i и P_i)

Шаг 3: Если уровень J_i п.п.м. имеет более высокую точность, чем S_B (в настоящее время 0,1 дБ), то округлите J_i до меньшего значения с максимальной точностью 0,1 дБ.

Шаг 4: Из функции CDF определите вероятность P_i того, что уровень J_i п.п.м. был превышен, как указано в программном обеспечении.

Шаг 5: Если $P_i < P_t$, то записывается результат Pass ("тест прошел"): функция CDF соответствует этому пункту техусловий. Или же записывается результат Fail ("тест не прошел"): функция CDF не соответствует этому пункту техусловий.

Конечным этапом является сравнение максимальной величины п.п.м., записанной во время прогона программного обеспечения, с предельным уровнем, указанным для 100% времени (если эти данные имеются).

Исходя из функции CDF определите максимальную величину J_{max} п.п.м., записанную во время прогона программного обеспечения. Сравните ее с уровнем п.п.м., указанным для 100% времени, J_{100} . Если $J_{max} < J_{100}$, то записывается результат Pass: функция CDF соответствует этому пункту техусловий. Если $J_{max} \geq J_{100}$, записывается результат Fail: функция CDF не соответствует этому пункту техусловий.

7.1.4 Процедура принятия решения

Если результат Pass был записан для всех пределов в технических условиях, то в этом случае НГСО сеть соответствует техусловиям. Если был записан результат Fail, то тогда НГСО сеть не соответствует техусловиям.

7.2 Исходная информация для принятия решения

Необходимой исходной информацией являются:

- данные п.п.м., полученные во время прогона программного обеспечения (включая диаметр антенны) и эталонная диаграмма направленности антенны;
- таблица пределов в технических условиях для различных диаметров антенны и эталонная диаграмма направленности антенны.

7.3 Формат для выходных данных

Выходные данные должны иметь следующий формат:

- заявление о результатах испытания;
- сводная таблица;
- таблица CDF (только для информации).

7.3.1 Заявление о результатах испытания на соответствие

В выходных данных должно быть общее заключение с оценкой (Pass или Fail), как определено в § 7.1.4 части D.

7.3.2 Сводная таблица

В сводной таблице должны быть указаны следующие данные:

Пункт техусловий		Результат	Пункт моделирования
Значение п.п.м.	Вероятность		Вероятность
J_1 дБ(Вт/(м ² · BW _{ref}))	P_1	Pass/fail	P_y
:	:	:	:
J_i дБ(Вт/(м ² · BW _{ref}))	P_i	Pass/fail	P_y

где:

J_i и P_i : значения уровня/вероятности п.п.м. согласно техусловиям, взятые из базы данных

Pass/fail: результаты испытаний

P_y : значение вероятности из таблицы вероятностей.

7.3.3 Таблица вероятностей

Выходные данные должны содержать для целей информации вычисленную функцию CDF, которая использовалась в процессе принятия решения.

ЧАСТЬ E

Проверка надежности выходных данных программного обеспечения

1 Оценка точности вычислений варианта программного обеспечения

Эти испытания могли бы проводиться разработчиком программного обеспечения, а результаты предоставляться в БР вместе с вариантом программного обеспечения.

Должны оцениваться следующие функции программного обеспечения:

Проекция орбиты – Используя набор упрощенных параметров, которые приводят к определенному периоду повторения, выполните прогон программного обеспечения в течение требуемого интервала моделирования и проверьте фактические спутниковые векторы по отношению к расчетным значениям.

Углы смещения – Используя подходящие наборы мест расположения земных станций и спутников, проверьте фактические значения угла смещения луча по отношению к расчетным значениям. Наборы тестовых данных должны охватывать наиболее сложные тригонометрические ситуации: например, станции вокруг нулевой долготы и долготы 180°.

Временной шаг и продолжительность моделирования – Используя соответствующие наборы параметров НГСО сети, проверьте значения временного шага и продолжительности моделирования, определяемые программным обеспечением, по отношению к расчетным значениям. Эта проверка, например, может быть выполнена путем сравнения с результатами, полученными с помощью аналитического метода.

Формирование CDF – Используя наборы тестовых входных файлов с известными результатами CDF, проверьте программное обеспечение формирования CDF.

Процедура принятия решения "go/no-go" – Используя наборы тестовых входных файлов с известными результатами CDF, проверьте точность процедуры принятия решения "go/no-go".

Если имеются несколько реализаций, то в этом случае для их оценки можно использовать более точный анализ, а их выходные данные могут сравниваться в целях обеспечения согласованности.

2 Оценка статистики э.п.п.м. (\downarrow/\uparrow), полученной БР

Это тесты, которые будут автоматически выполняться программным обеспечением, в виде части каждого прогона программы, для подтверждения того, что во время прогона программы не обнаружено событий помех, соответствующих наихудшему случаю.

Значение э.п.п.м. для 100% времени – значение э.п.п.м. \downarrow для 100% времени, полученное в ходе прогона, следует сравнивать со значением, вычисленным исходя из анализа НГСО группировки. Полученное значение должно находиться в пределах $\pm 0,Х$ дБ от ожидаемого значения.

В случаях использования метода временного моделирования в подходящих случаях в качестве варианта для проверки надежности полученных статистических результатов может применяться программное обеспечение, основанное на аналитическом методе, который описан в § 6 части D.

3 Проверка масок п.п.м.

Маски п.п.м. являются входными данными для средств БР по проверке достоверности. Эти маски должны предоставляться в БР заявляющими администрациями вместе с применявшимся для ее расчета программным обеспечением, полным описанием и параметрами программного обеспечения. Информация, необходимая для расчета маски п.п.м., может быть предоставлена заинтересованным администрациям для использования в случае разногласий.

4 Повторное тестирование программного обеспечения БР после любых изменений или усовершенствований

Должен быть определен набор тестов для использования в любых случаях, когда программное обеспечение БР или его операционная среда были изменены или усовершенствованы. Такие тесты могут включать:

- a) все или некоторые из испытаний, определенных в § 1 части E, для первоначальной оценки точности вычислений при использовании варианта программного обеспечения;
- b) повторение характерного набора оценок реальных заявок на регистрацию НГСО систем, и сравнение результатов, полученных для исходных и измененных систем программного обеспечения.

ЧАСТЬ F

Операционная среда для программного обеспечения**1 Операционная система**

Прогон программного обеспечения должен проводиться на 32-битовых платформах Window в программных средах Microsoft Windows NT версии 4.0 (или выше) и Microsoft Windows 95/98 или более поздних версий.

2 Интерфейсы к существующим программному обеспечению и базам данных

БР осуществляет сбор всех входящих заявок, относящихся к космическим службам, в одну центральную базу данных для буквенно-цифровой информации (SNS) и в другую базу данных для графической информации (GIMS), такой как диаграммы направленности антенн и зоны обслуживания. Эти базы данных используются для публикации данных на CD-ROM, в еженедельных циркулярах и его специальных секциях. Они также используются для предоставления входных данных в пакеты программ, выполняющих проверки согласно Приложению 8 РР и анализы уровней п.п.м. Это служит гарантией того, что опубликованные данные будут использоваться и в этих исследованиях. БР считает такой подход весьма важным как для заявляющей администрации, так и для администраций, службы которых могут быть затронуты вводом новой станции. Для своих регламентарных и технических исследований спутниковых сетей БР до сих пор использовал систематизированное программное обеспечение, разработанное для ГСО сетей. Впрочем, в тех случаях, когда становится доступным программное обеспечение для расчета п.п.м., работающее в НГСО сетях, должен применяться тот же принцип. Это делается не только для удобства БР, но и для обеспечения согласованности и прозрачности по отношению к администрациям.

ЧАСТЬ G

Разработка программного обеспечения и техническое обслуживание**1 Подход к разработке программного продукта****1.1 Методика**

Описание методики, используемой в подходе к разработке программного продукта, должно быть приведено в документации к программному обеспечению.

1.2 Проверка

Проверка соответствия выходных данных при использовании программного обеспечения уравнениям, описанным или упомянутым в этом тексте.

2 Интерфейс с пользователем программного обеспечения

Программное обеспечение должно соответствовать требованиям БР к интерфейсу, указанным в § 2 части F.

3 Документация к программному обеспечению и техническое обслуживание**3.1 Спецификация требований к программному обеспечению**

Документация к программному обеспечению должна относиться к соответствующим разделам настоящей Рекомендации.

3.2 Выполнение требований

Цель настоящей Рекомендации – показать, каким образом изложенные в ней требования должны выполняться в программном обеспечении.

3.3 Руководство пользователя

Цель руководства пользователя – показать пользователю способы выполнения различных тестов для получения определенных результатов. Учитывая сложность этих тестов, должно быть дано подробное их описание.

3.4 Техническое обслуживание и модернизация

Тот факт, что не только данные, но и часть программного обеспечения зависят от характеристик системы, предъявляет необычно высокие требования к удобству технического обслуживания программного обеспечения.

ЧАСТЬ II

Процедуры для оценки вариантов программного обеспечения

Для оценки вариантов программного обеспечения необходимо руководствоваться следующими шагами:

Шаг 1: Оцените операционную среду программного обеспечения. Эта оценка должна учитывать, на каких 32-битовых платформах Window (Windows 95/98, Windows NT версии 4.0, Windows 2000 или более поздние версии) выполняется прогон программного обеспечения. С конца 1999 года программное обеспечение должно запускаться без каких-либо проблем. В этой оценке должны быть также рассмотрены требования к объему памяти и к жесткому диску, требования к запоминающему устройству выходных файлов, мобильность программного обеспечения и т. д. В качестве руководства следует использовать соответствующие разделы части F настоящей Рекомендации.

Шаг 2: Оцените программное обеспечение на соответствие: оцените соответствие ограничениям и основным допущениям (единицы измерения, константы, модель Земли). Выясните, используются ли в программном обеспечении определения, форматы и единицы измерения параметров НГСО орбиты и НГСО систем, испытательные точки и входные данные для испытаний на самосогласованность. В качестве руководства следует использовать соответствующие разделы частей A и B настоящей Рекомендации.

Шаг 3: Оцените время выполнения расчетов для обычного и большого объема нагрузок (например, несколько спутников), возможности рассмотрения нескольких группировок, а также оцените время выполнения расчетов для различных размеров шагов (например, минимальное приращение времени при моделировании на линии вверх/линии вниз для метода с временным моделированием или минимальные приращения по долготе и широте для аналитического метода). В качестве руководства следует использовать соответствующие разделы частей A и E настоящей Рекомендации.

Шаг 4: Оцените удобство программного обеспечения для пользователя: простота пользования (интуитивная), доступность онлайн-поддержки, указатель хода выполнения программы в виде процента завершенных работ, а также доступность технической поддержки программного обеспечения.

Шаг 5: Оцените возможность обработки ошибок и восстановления программного обеспечения: определите доходчивость сообщений об ошибках и можно ли ошибки обнаружить и исправить. Определите возможность возврата программного обеспечения в рабочее состояние после сбоев, а также адекватность резервных данных.

Шаг 6: Оцените гибкость программного обеспечения: способность программного обеспечения выдавать результаты на промежуточных этапах расчетов (пользователи должны иметь возможность приостанавливать или прерывать выполнение программы и сохранять на файле результаты, полученные на любом этапе моделирования), возможность пользователя вводить данные с клавиатуры и/или входных файлов и графических интерфейсов, возможность пользователя задействовать различные параметры и модели: параметры систем, эталонные диаграммы направленности антенн и т. д.

Шаг 7: Оцените документацию, а также доходчивость и завершенность руководства (руководств) пользователя: доступность ясного и полного набора руководств пользователя, наличие блок-схем, примеров в руководствах, пояснений относительно способов выполнения требований, целей каждого сегмента программного обеспечения с указанием ссылок на соответствующую часть настоящей Рекомендации. В качестве руководства следует использовать данные в § 3.3 части G настоящей Рекомендации.

Шаг 8: Оцените соответствие общим подходам, применяемым БР: использование терминологии МСЭ и определений, соблюдение требований входных данных БР (предоставляемые БР входные параметры и параметры из базы данных) и требований выходных файлов, интерфейс с базами данных БР (буквенно-цифровыми или графическими), соблюдение требований к интерфейсу с существующим программным обеспечением БР и т. д.. В качестве руководства следует использовать соответствующие разделы части F, § 3.4, 3.7, 4.1.4, 4.2.4, 4.2.6 и 4.1.7 части D настоящей Рекомендации.

Шаг 9: Проверьте, удовлетворяет ли программное обеспечение требованиям и соответствуют ли полученные результаты уравнениям, описанным или упомянутым в настоящей Рекомендации для: расчета масок п.п.м. космических станций, расчета масок э.п.п.м. земных станций, расчетов п.п.м., рассмотрения методов снижения помех, рассмотрения усиления антенн земных станций и спутников, наилучших мест расположения в ГСО сети, дающих максимальную э.п.п.м. В качестве руководства следует использовать части C и C' настоящей Рекомендации.

Шаг 10: Проверьте, выполняет ли программное обеспечение указанные функции и соответствуют ли полученные результаты уравнениям, описанным или упомянутым в настоящей Рекомендации для: рассмотрения заявок на регистрацию НГСО систем, расчета кумулятивных распределений э.п.п.м., геометрических построений, используемых для расчетов э.п.п.м., включая диаграммы усиления, сравнения уровней э.п.п.м. с предельными уровнями PP (Статья 22), принятия решения pass/fail (go/no-go) и т. д. В качестве руководства следует использовать части D настоящей Рекомендации

Шаг 11: Оцените доступность файлов DLL и/или COM для возможного использования с другими приложениями.

Шаг 12: Оцените модернизацию и техническое обслуживание программного обеспечения: оцените возможность и простоту устранения неисправностей, техническое обслуживание и модернизацию на стороне пользователя, а также определение набора тестов, которые должны быть проведены при изменении или модернизации программного обеспечения БР или его операционной среды. Этот шаг должен также включать регрессионную оценку, то есть не испытывают ли отрицательного воздействия неизменяемые блоки программного обеспечения в результате модификации других блоков. В качестве руководства следует использовать § 4 части E и § 3.4 части G настоящей Рекомендации.

Шаг 13: Оцените применимость программного обеспечения для всех представляющих интерес случаев: программное обеспечение должно быть способно обрабатывать все типы НГСО систем, включая системы с протяженными повторяющимися траекториями и группировки с малыми скоростями прецессии.

Шаг 14: Оцените надежность, чувствительность и точность: оцените, каким образом полученные результаты отражают ожидаемые характеристики системы, надежность результатов (проекция орбиты, углы смещения, расчет функции CDF, принятие решения "go/no-go", максимальное значение э.п.п.м., значение э.п.п.м. для 100% времени и т. д.), точность расчетов в зависимости от размера шага и чувствительности ко входным константам. В качестве руководства следует использовать часть E и § 6 части D настоящей Рекомендации.

Программное обеспечение можно оценить исходя из соображений функционального тестирования или структурного тестирования. Обе эти оценки тестирования являются необходимыми и используются в настоящей Рекомендации.

В случае функционального тестирования программное обеспечение рассматривается в виде "черного ящика". В него поступают входные данные, а его выход проверяется на соответствие техническим условиям. В этом случае пользователь интересуется тем, что должно делать программное обеспечение, а не подробностями выполнения работы (то есть тем, как это делается). В случае структурного тестирования рассматриваются подробности. Если в распоряжении имеется исходная программа, то представляют интерес язык программирования в программном обеспечении, стиль программирования, замечания в рамках программы, методы управления и подробные сведения о кодировании. В качестве руководства для оценки вариантов программного обеспечения может использоваться таблица 9. Для каждого этапа оценивания используйте систему счета от 1 до 10, где 10 соответствует оценке "отлично" или полностью удовлетворению требований, а 1 соответствует оценке "неудовлетворительно" или полной непригодности.

ТАБЛИЦА 9

Таблица оценки программного обеспечения

Рассматриваемая функция	Описание	Оценка (от 1 до 10)
Операционная среда(ы)	Шаг 1	
Возможность использования с другими приложениями	Шаг 11	
Удобство пользования программным обеспечением	Шаг 4	
Гибкость и взаимодействие с пользователем	Шаг 6	
Соответствие подходам БР	Шаг 8	
Обработка ошибок и восстановление программного обеспечения	Шаг 5	
Модернизация и техническое обслуживание	Шаг 12	
Документация/руководства пользователя	Шаг 7	
Соответствие (ограничениям и основным допущениям)	Шаг 2	
Время выполнения и нагрузочное испытание	Шаг 3	
Проектные требования (части С и С')	Шаг 9	
Проектные требования и решения (часть D)	Шаг 10	
Применимость ко всем представляющим интерес случаям	Шаг 13	
Надежность, чувствительность и точность	Шаг 14	
Общий счет		
