

МСЭ-R
Сектор радиосвязи МСЭ

Отчет МСЭ-R SM.2454-0
(06/2019)

**Методы контроля за использованием
спектра в полосах частот
радионавигационной спутниковой
службы**

Серия SM
Управление использованием спектра



Предисловие

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

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

Политика в области прав интеллектуальной собственности (ПИС)

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

Серии Отчетов МСЭ-R

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

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

Примечание. – Настоящий Отчет МСЭ-R утвержден на английском языке Исследовательской комиссией в соответствии с процедурой, изложенной в Резолюции МСЭ-R 1.

Электронная публикация
Женева, 2020 г.

© ITU 2020

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

ОТЧЕТ МСЭ-R SM.2454-0

Методы контроля за использованием спектра в полосах частот радионавигационной спутниковой службы

(2019)

Обзор

Спутниковые навигационные системы используются сотнями миллионов людей во всем мире. Радионавигационная спутниковая служба (РНСС) – ключевой элемент многих применений, таких как навигация и передача сигналов времени. Такими службами пользуются органы государственной власти, промышленные предприятия и частные лица в своей повседневной жизни и в ситуациях, требующих безопасности. Для функционирования этих служб необходима высокая надежность, доступность и точность соответствующих сигналов.

Существуют разные радионавигационные системы (космос-Земля). Они предназначены для обеспечения как глобального (ГНСС – глобальная навигационная спутниковая система), так и регионального покрытия. Все они подвержены воздействию радиочастотных помех (РЧП), потому что мощность их сигнала, принимаемого на поверхности Земли, чрезвычайно мала по сравнению с мощностью сигналов наземных передатчиков. Для надежного отделения сигнала от шума приемника принимаются различные технические меры. В то же время помехи или чрезмерный шум могут привести к потере доступности сигнала на большой территории. Источником таких РЧП могут быть передатчики, работающие в полосах РНСС и/или в соседних или близлежащих полосах.

Операторы навигационных спутниковых систем обеспокоены помехами приему сигналов РНСС и использованием незаконных генераторов радиопомех. Международный комитет по глобальным навигационным спутниковым системам (ICG) учредил Целевую группу по обнаружению и ослаблению влияния помех (IDM) для разработки стратегии поддержки механизмов обнаружения и ослабления влияния источников электромагнитных помех. В отчетах членов Целевой группы IDM из Европейского союза, Китая, Соединенных Штатов Америки и России выражается обеспокоенность проблемами, связанными с помехами, и приводятся примеры негативного воздействия помех.

Особую обеспокоенность вызвало повышение доступности и интенсивности использования незаконных генераторов радиопомех для ГНСС, что приводит к отказам в приемниках. Такие генераторы помех просты в применении и открыто продаются в интернете. Из-за низкой мощности сигналов РНСС на поверхности Земли зона воздействия относительно маломощного генератора помех может быть значительной.

В настоящем Отчете описаны методы контроля за использованием спектра в полосах частот РНСС, не зависящие от работы реальных систем РНСС. Такой контроль служит для оценки условий приема сигналов РНСС. Описанные в данном Отчете методы могут использоваться для контроля полезных сигналов, обнаружения и определения местоположения источников помех и даже для поддержки исследований эффектов, связанных с распространением радиоволн.

СОДЕРЖАНИЕ

	<i>Стр.</i>
1	Методика контроля за использованием спектра в полосах частот РНСС 4
1.1	Общее описание..... 4
1.2	Анализ информации о находящихся поблизости передающих радиостанциях.... 4
1.3	Проведение измерений, запись спектров и расчет характеристических значений 4
1.4	Построение диаграмм пространственного распределения излучений и углов прихода спектральной мощности 7
1.5	Оценка результатов 9
2	Требования к контрольному оборудованию..... 9
2.1	Общие требования..... 9
2.2	Требования к измерительному оборудованию 10
3	Практический пример контроля в полосах РНСС 10
3.1	Измерительное оборудование для контроля полосы частот ГЛОНАСС 11
3.2	Точка измерения 11
3.3	Анализ частотных присвоений..... 11
3.4	Проведение измерений, запись спектров и расчет характеристических значений 11
3.5	Построение диаграмм и анализ результатов..... 14

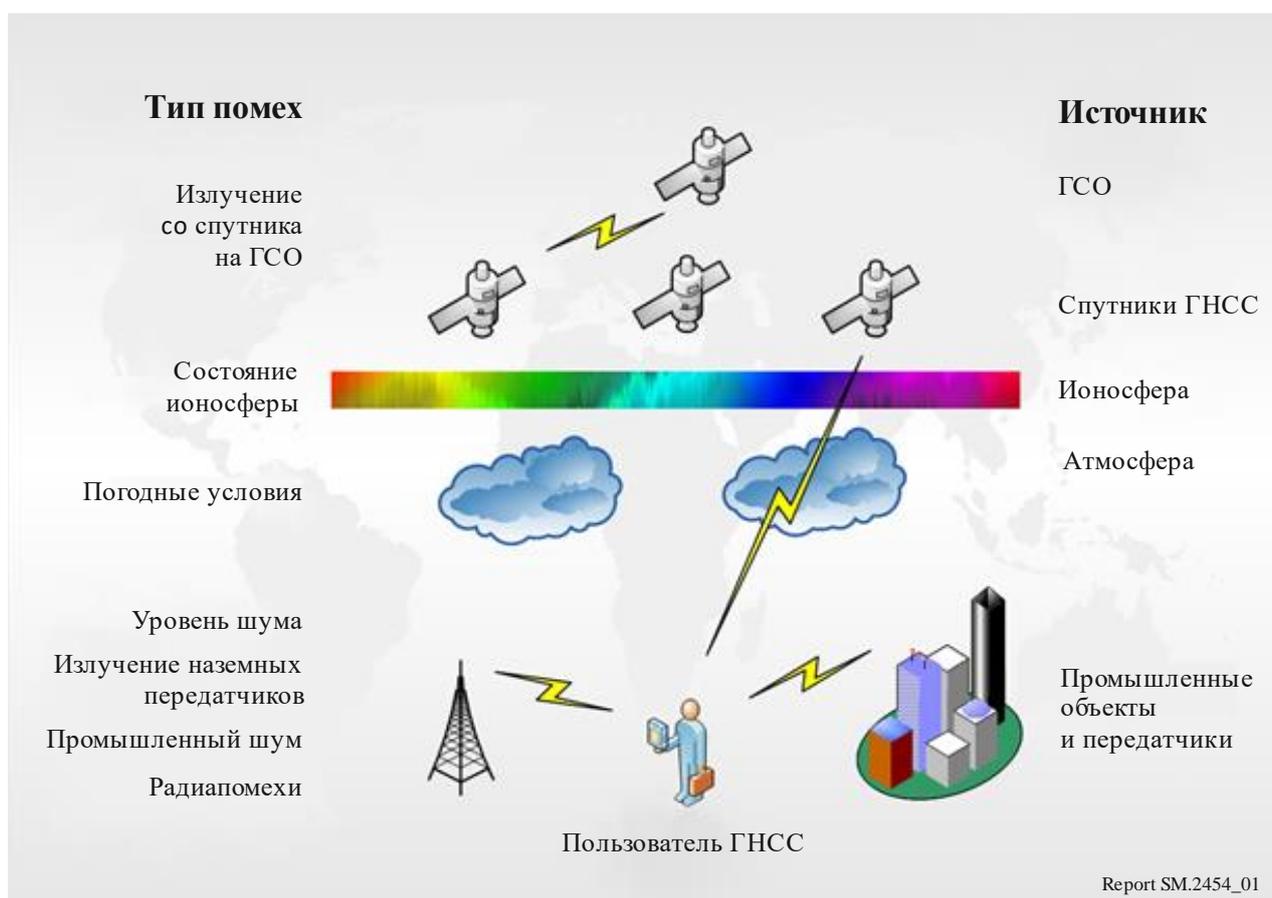
Введение

В настоящем Отчете описаны методы контроля за использованием спектра в полосах частот радионавигационной спутниковой службы.

Приемники радионавигационных служб, таких как глобальные навигационные спутниковые системы, работают с сигналами очень низкого уровня, что делает их чрезвычайно чувствительными к помехам и шуму. Это ведет к снижению точности синхронизации оборудования, в результате чего устройство сообщает неверную информацию о местоположении. Ввиду широкого использования таких приемников, например для воздушной радионавигации или для задания эталонной частоты радиопередатчиков, помехи в этих полосах могут иметь серьезные последствия. Контроль за использованием спектра поможет защитить радиочастотный спектр РНСС путем обнаружения нежелательных наземных излучений, способных создавать помехи сигналам РНСС. Потенциальные источники таких излучений в этих полосах частот показаны на рисунке 1.

РИСУНОК 1

Потенциальные источники излучений и помех для сигналов РНСС



Методы, описанные в настоящем Отчете, хорошо подходят для контроля сигналов низкого уровня, связанных со спутниковыми навигационными службами. Кроме того, показаны методы, упрощающие визуализацию сложных данных контроля, что помогает в оценке множества точек измерения. Это дает возможность осуществлять контроль всей полосы частот РНСС, а не только одного сигнала.

Результаты измерений позволяют сделать выводы об уровне фонового электромагнитного шума и наличии потенциально вредных излучений в полосе частот в точном месте измерений.

В Отчет включено общее описание методики и практический пример.

1 Методика контроля за использованием спектра в полосах частот РНСС

1.1 Общее описание

Описанный метод позволяет контролировать частотный спектр, обеспечивая возможность определения эксплуатационных условий и потенциальных источников помех в конкретном месте измерения. При этом учитывается, что уровень принимаемых сигналов РНСС на поверхности Земли, как правило, очень низкий. Вследствие этого производится измерение с целью обнаружения сигналов более высокого уровня, которые могут создавать помехи или высокий уровень шума. Измерение указывает не только спектр, но и азимутальное направление и (факультативно) угол места источника обнаруженных излучений. Это приводит к очень большому набору данных измерений. Тем не менее используются специальные методы сокращения объема данных измерений до нескольких чисел, что позволяет быстро охарактеризовать результат контроля, когда необходимо рассмотреть большое число измерений.

Метод основан на использовании направленной антенны. В некоторых случаях в дополнение к набору контрольного оборудования и для получения дополнительных данных может использоваться всенаправленная антенна. Для сокращения времени, необходимого для сбора данных, приемная измерительная система обычно работает под управлением компьютера. В процессе измерения используется направленная антенна для оценки спектра по нескольким азимутальным углам.

Метод состоит из следующих основных этапов:

- получение информации о находящихся поблизости от места измерения передающих радиостанциях, если это возможно;
- проведение измерений, запись спектров и расчет характеристических значений;
- построение диаграмм по результатам измерений;
- оценка результатов.

Эти этапы подробно описаны в следующих разделах.

1.2 Анализ информации о находящихся поблизости передающих радиостанциях

По возможности получают информацию о передающих радиостанциях вблизи места измерения. Анализ этой информации помогает тем, кто проводит измерения, понять, предполагаются ли излучения с определенных направлений.

1.3 Проведение измерений, запись спектров и расчет характеристических значений

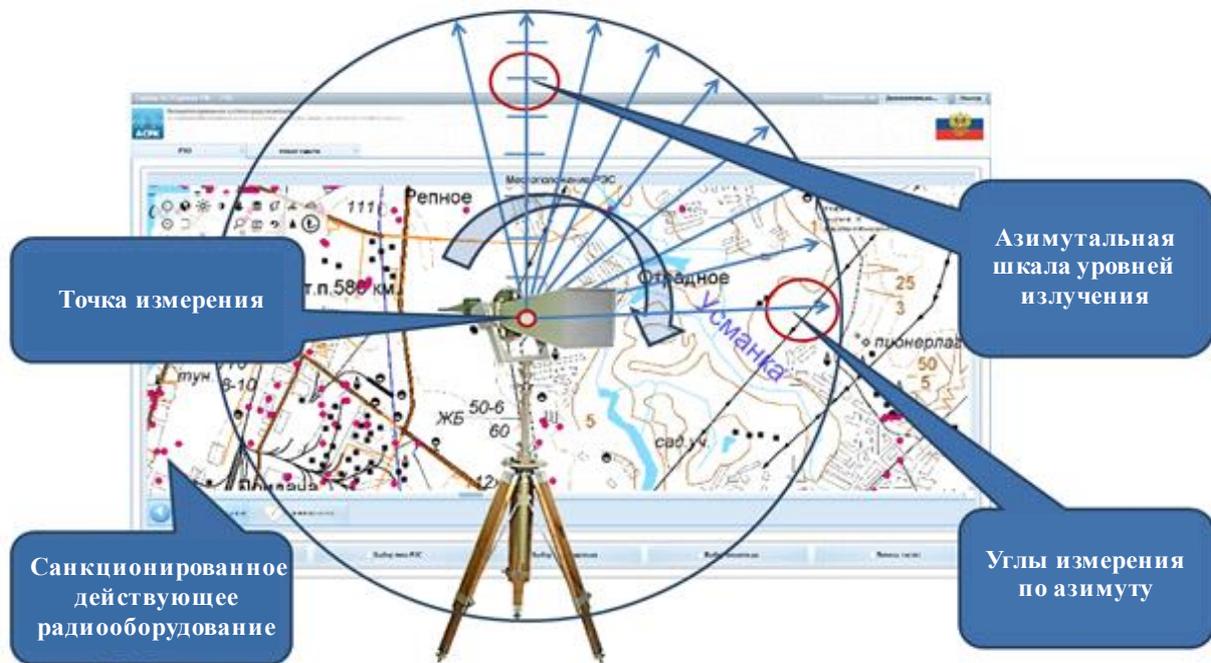
Измерения следует проводить с использованием направленной антенны, установленной, как показано на рисунке 2. В дополнение к направленной антенне может использоваться всенаправленная антенна для проверки результатов спектральных измерений путем сравнения.

На месте измерения контроль спектра осуществляют в выбранной полосе частот, поворачивая направленную антенну на один полный оборот с некоторым шагом (см. рисунок 2). На каждом шаге регистрируется спектр для дальнейшей обработки. Записываются координаты места измерения, спектр, видимый на направленной антенне, время измерения, азимут и углы места направленной антенны.

Угловое разрешение во время этого процесса сканирования зависит от желаемого пространственного разрешения и ограничено шириной луча антенны. Типовое значение – около 15°.

РИСУНОК 2

Пространственное сканирование направленной антенной для измерения спектров и построения диаграмм пространственного распределения излучений



Report SM.2454_02

Результаты измерений можно задокументировать, как показано в таблице 1.

По завершении всех измерений каждый спектр характеризуется тремя параметрами (средняя мощность, пиковая мощность и мощность шума), как описано в следующих разделах.

1.3.1 Расчет мощности шума

Мощность шума во всей контролируемой полосе частот для каждого из записанных спектров измеряют с помощью методов, приведенных в Рекомендации МСЭ-R SM.1753.

Для того чтобы выполнить расчет, выборки значения спектральной мощности сортируют в порядке возрастания. Далее выбирают первые 20% выборок выше минимального уровня мощности данной записи и используют для расчета среднего значения уровня шума:

$$P_n = 10 \log \left(\frac{1}{C} \sum_{i=1}^C 10^{\frac{P_i}{10}} \right), \quad (1)$$

где

- P_n : средний уровень шума (дБм);
- C : число элементов, составляющих первые 20% выборок;
- P_i : значение i -й выборки (дБм).

1.3.2 Расчет пиковой мощности

Пиковую мощность во всей контролируемой полосе частот для каждого записанного спектра рассчитывают, взяв максимальное значение из выборок спектра мощности или используя соответствующие маркерные функции анализатора спектра/приемника:

$$P_{\text{peak}} = \text{MAX}(P_i), \quad i = 1, \dots, N, \quad (2)$$

где

- P_{peak} : пиковая мощность излучения (дБм);
- P_i : значение i -й выборки (дБм);
- N : общее число записанных выборок.

1.3.3 Расчет средней мощности

Среднюю мощность во всей контролируемой полосе частот для каждого записанного спектра рассчитывают путем усреднения по всем выборкам спектральной мощности:

$$P_{\text{mean}} = 10 \log \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{\frac{P_i}{10}} \right), \quad (3)$$

где

- P_{mean} : средняя мощность излучения в полосе частот (дБм);
- N : число выборок спектра;
- P_i : мощность i -й выборки измеренного спектра (дБм).

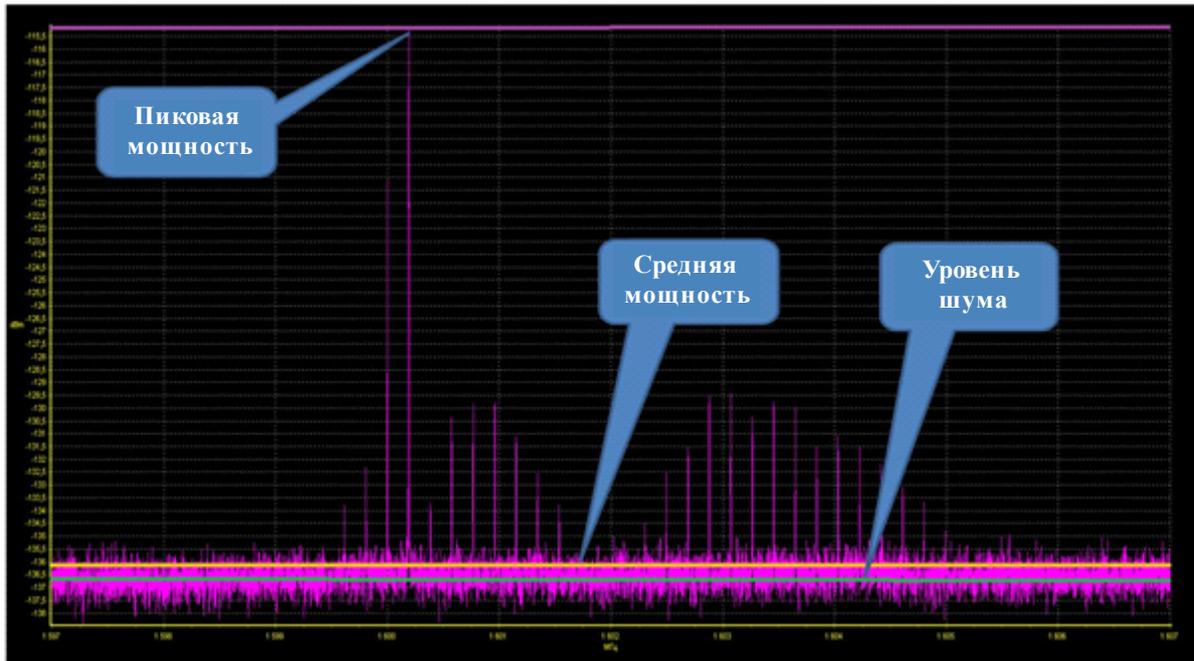
На рисунке 3 показаны расчетные интегральные характеристики совокупных излучений в контролируемой полосе частот на основе набора выборок спектральной мощности.

1.4 Построение диаграмм пространственного распределения излучений и углов прихода спектральной мощности

Для каждого записанного спектра строят диаграмму, отражающую записанные спектры вместе со значениями уровня шума, пиковой и средней мощности, рассчитанными, как описано выше и показано на рисунке 3.

РИСУНОК 3

Расчетные интегральные характеристики совокупных излучений в контролируемой полосе частот



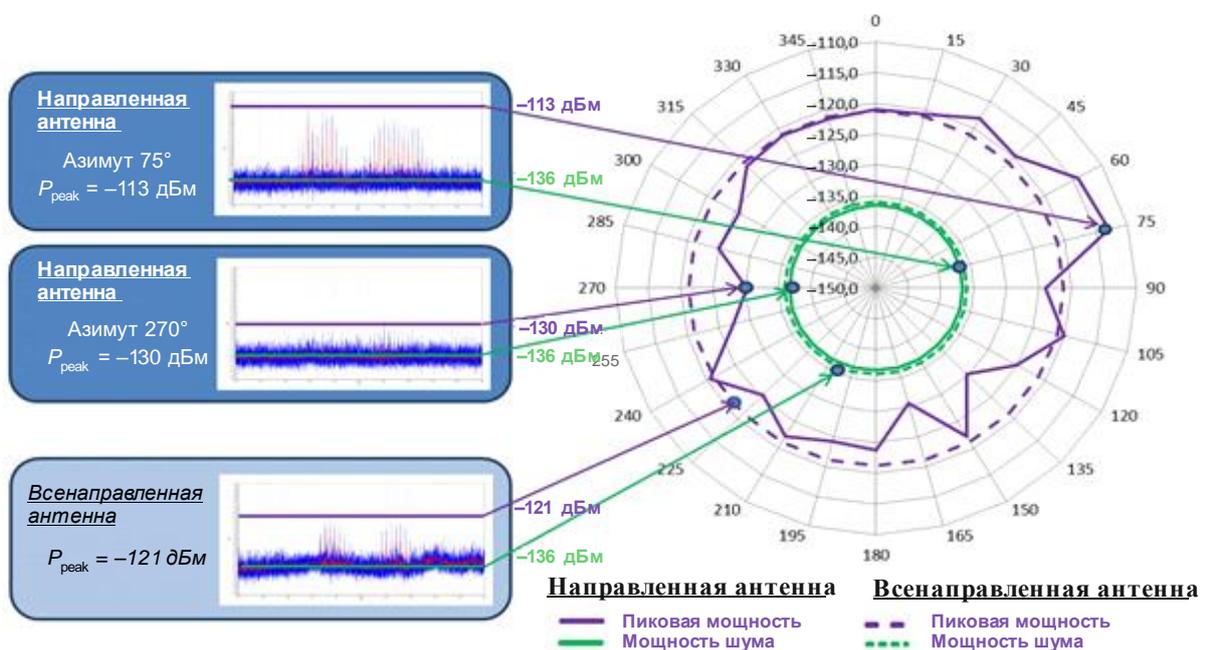
Report SM.2454_03

Используя три совокупных значения, которые определены в пп. 1.3.1–1.3.3, для направленной и дополнительной всенаправленной антенны, строят круговую диаграмму, соответствующую результату азимутального сканирования. Центр диаграммы соответствует месту измерения. Пример показан на рисунке 4.

Еще более специализированная диаграмма сканирования полусферы с использованием направленной антенны показана в разделе 3. Диаграмма позволяет анализировать сигналы от наземных и космических источников.

РИСУНОК 4

Построение азимутальной диаграммы на основе записей спектра в одной точке измерения



Report SM.2454_04

1.5 Оценка результатов

Значения и диаграммы, полученные по результатам измерений, можно использовать для проверки наличия нежелательных излучений. Азимутальное сканирование также может указать направление этих излучений.

Особо нежелательные или мешающие излучения можно выявить, установив подходящие пороговые значения для пиковых значений или неожиданного повышения мощности шума.

Для того чтобы упростить сравнение и классификацию сигналов, возможно нормализовать различия между пиковой мощностью, средней мощностью и мощностью шума. Это поможет обнаружить потенциально мешающий сигнал.

2 Требования к контрольному оборудованию

2.1 Общие требования

Диапазон рабочих частот измерительного оборудования должен охватывать соответствующую полосу частот РНСС. В таблице 2 приведены распределения частот для служб РНСС – ГЛОНАСС (L1, L2, L3), GPS (L1, L2, L5), Galileo (E1, E5, E6) и BeiDou (B1, B2, B3).

ТАБЛИЦА 2

Полосы частот, распределенные радионавигационной спутниковой службе

Номер	Полоса частот (МГц)
L1, E1, B1	1559–1610
L2, E6, B3	1215–1300
L3, L5, E5, B2	1164–1215

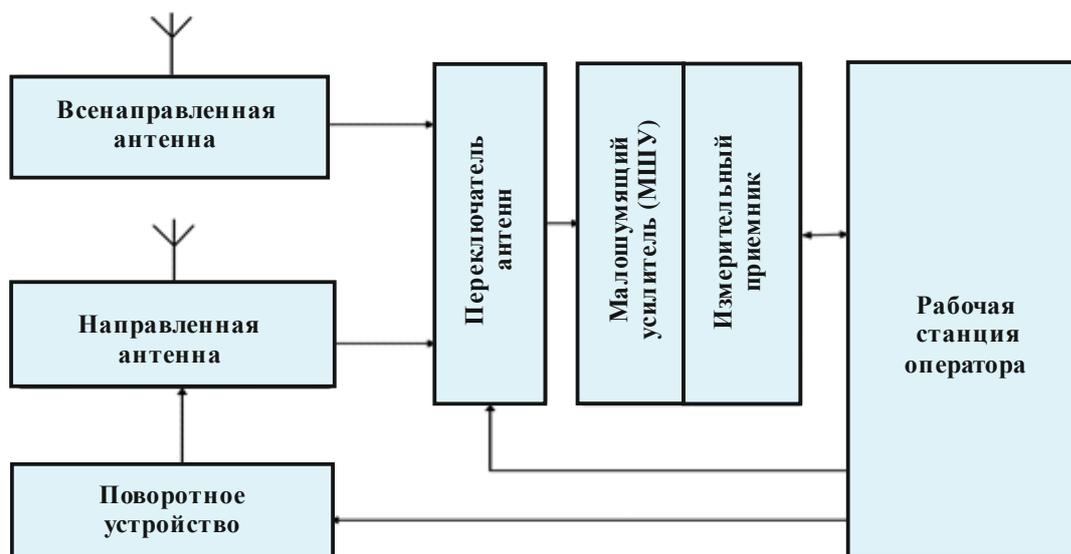
Контрольное оборудование состоит из следующих элементов:

- направленная измерительная антенна, установленная на штативе с поворотным столом;
- всенаправленная антенна (факультативно);
- переключатель антенн;
- малошумящий усилитель (факультативно);
- полосовой фильтр (факультативно);
- измерительный приемник или анализатор спектра;
- навигационный приемник для записи координат измерений;
- компьютер с интерфейсом дистанционного управления.

Блок-схема оборудования представлена на рисунке 5.

РИСУНОК 5

Блок-схема измерительного оборудования



Report SM.2454_05

Информацию о допустимых уровнях помех можно взять из Рекомендаций МСЭ-R M.1902, МСЭ-R M.1093 и МСЭ-R M.1905. Это приводит к следующим результатам:

- чувствительность приемника в полосе шириной 1 кГц должна составлять $-115... -119$ дБм;
- шум приемника в полосе 1 Гц (DANL) должен составлять $-155... -160$ дБм.

2.2 Требования к измерительному оборудованию

Требования к оборудованию основаны на опыте работы в полосах частот РНСС и требованиях, приведенных в Рекомендации МСЭ-R SM.1753. Использовались анализаторы спектра в реальном времени, поскольку, в отличие от анализаторов разверточного типа, они позволяют обнаруживать, отображать и записывать кратковременные импульсные события.

Используются антенны следующих типов:

- направленные – рупорные или параболические антенны для азимутального сканирования, если интерес представляют наземные источники;
- направленные – параболические антенны для азимутального и вертикального (по углу места) сканирования, если интерес представляют сигналы от воздушных и космических источников;
- всенаправленные – дипольные или биконические антенны для обзорного сканирования (вспомогательное оборудование).

По возможности поляризация измерительных антенн должна соответствовать поляризации защищенной системы РНСС. Если используются параболические антенны с фидерами, направление поляризации изменяется из-за отражателя: обычно РНСС имеют правую круговую поляризацию (RHCP). Когда волна направляется от отражателя к зеркалу антенны, поляризация меняется на левую круговую (LHCP).

3 Практический пример контроля в полосах РНСС

Этот пример демонстрирует процесс контроля в определенном месте измерения во всем диапазоне частот 1597–1607 МГц. Приведено описание измерительной установки и процедур регистрации и оценки данных измерений, включая построение результирующих диаграмм и их интерпретацию. Рассматриваемой системой РНСС является система ГЛОНАСС.

3.1 Измерительное оборудование для контроля полосы частот ГЛОНАСС

Для измерений использовался следующий комплект оборудования.

- 1 Анализатор спектра:
 - полоса частот ГЛОНАСС L1 (1597–1607 МГц);
 - ширина полосы по разрешению (RBW) – 1 кГц;
 - тип детектора – усредняющий;
 - число средних значений по спектру – 100.
- 2 Рупорная измерительная антенна:
 - поляризация – линейная вертикальная;
 - высота антенны – 2,85 м;
 - угол места – 0°;
 - азимут антенны – от 0° до 360° с шагом 15°.
- 3 Параболическая измерительная антенна, диаметр – 2 м.
- 4 Всенаправленная антенна для сравнения:
 - поляризация – линейная вертикальная;
 - высота антенны – 2,85 м.

3.2 Точка измерения

Выбранная точка измерения находилась в городе с низкими зданиями и зданиями средней высоты.

3.3 Анализ частотных присвоений

Согласно плану распределения частот и базе данных частотных присвоений каких-либо активных наземных передатчиков в полосах частот РНСС не ожидалось.

3.4 Проведение измерений, запись спектров и расчет характеристических значений

На месте измерения спектр анализировался путем сканирования азимутов с использованием рупорной антенны (азимутальное сканирование). Кроме того, проводились измерения с использованием всенаправленной антенны. Наконец, осуществлялось сканирование полусферы с использованием параболической антенны (вертикальное сканирование). После этого были рассчитаны характеристические значения (см. пп. 1.3.1–1.3.3). Контролируемым диапазоном частот является полоса ГЛОНАСС L1 (1597–1607 МГц).

3.4.1 Значения, зарегистрированные в азимутальной плоскости

Результаты азимутального сканирования приведены в таблице 3 и далее обобщены в таблице 4. Результаты измерений с использованием всенаправленной антенны содержатся в таблице 5. Данные из обеих таблиц были объединены на рисунке 4.

ТАБЛИЦА 3

Характеристики спектров, измеренные с использованием направленной антенны

Азимут (градусы)	Пиковая мощность излучения (дБм)	Средняя мощность излучения (дБм)	Мощность шума (дБм)
0	-121,0	-136,1	-136,5
15	-120,7	-136,0	-136,6
30	-118,1	-136,1	-136,6
45	-119,7	-135,8	-136,6
60	-114,2	-136,1	-136,6
75	-113,0	-136,2	-136,7
90	-124,0	-136,3	-136,7
105	-120,0	-136,1	-136,7
120	-125,1	-136,2	-136,7
135	-130,2	-136,2	-136,7
150	-115,0	-136,2	-136,7
165	-130,6	-136,2	-136,7
180	-123,7	-136,1	-136,7
195	-124,3	-136,2	-136,7
210	-122,2	-136,3	-136,7
225	-125,4	-136,6	-136,7
240	-120,5	-136,6	-136,7
255	-127,3	-136,6	-136,7
270	-130,2	-136,6	-136,7
285	-125,0	-136,5	-136,7
300	-125,7	-136,3	-136,7
315	-121,9	-136,0	-136,6
330	-121,4	-135,9	-136,6
345	-121,6	-136,2	-136,7

ТАБЛИЦА 4

Максимальные, минимальные и средние значения мощности, полученные в процессе измерений

Тип мощности	Пиковая мощность излучения (дБм)	Средняя мощность излучения (дБм)	Мощность шума (дБм)
Среднее значение	-120,1	-136,2	-136,7
Максимальное значение	-113,0	-135,8	-136,5
Минимальное значение	-130,6	-136,6	-136,7

ТАБЛИЦА 5

Характеристики спектров, измеренные с использованием всенаправленной антенны

Параметр	Измеренное значение (дБм)
Пиковая мощность сигнала в полосе	-118,7
Средняя мощность в полосе	-130,5
Мощность шума	-134,4
Мощность шума приемника	-136,4

3.4.2 Значения, зарегистрированные при вертикальном сканировании/сканировании полусферы

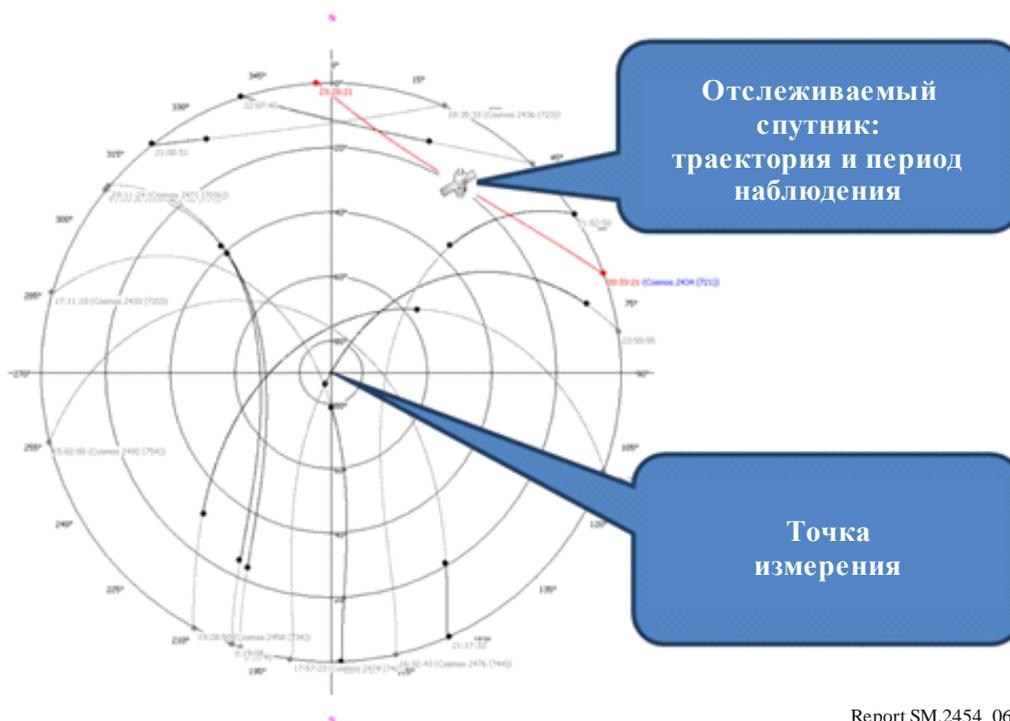
Результаты измерений с использованием параболической антенны хорошо подходят для анализа сигналов от наземных, воздушных и космических источников излучения. В случае если требуется анализ всей полусферы, необходимо гораздо больше записей и углов антенны.

В процессе измерений отслеживался спутник ГЛОНАСС "Космос-2434" (721) с использованием данных о траектории его движения в период радиовидимости; результирующая траектория движения спутника показана на рисунке 6 красным цветом. Все остальные спутники ГЛОНАСС помечены черным цветом. Точки указывают, где спутники входят и выходят из зоны видимости в месте измерения.

Кроме того, на рисунке 6 показаны траектории движения всех спутников ГЛОНАСС, находившихся в зоне радиовидимости во время измерений, с использованием системы координат азимут/угол места с центром в месте измерения. Черные точки отображают начало и конец радиовидимости спутников во время измерения.

РИСУНОК 6

Траектории движения спутников ГЛОНАСС во время измерений



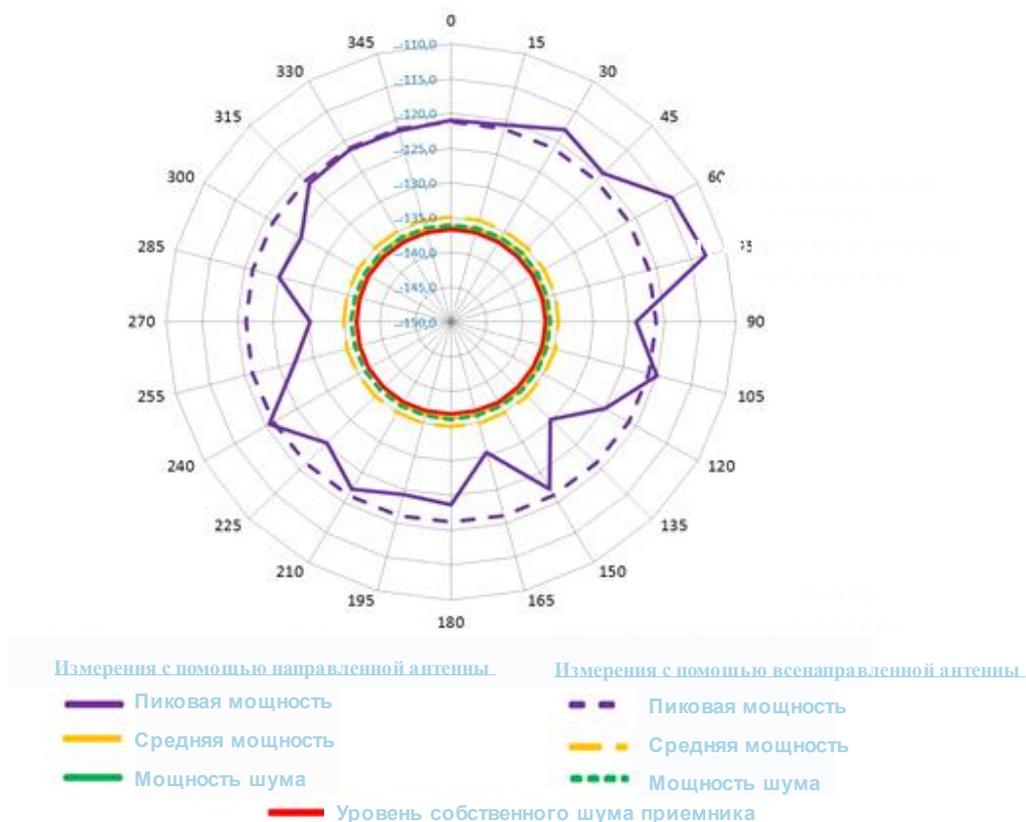
3.5 Построение диаграмм и анализ результатов

3.5.1 Диаграммы и интерпретация результатов азимутального сканирования

На рисунке 7 данные из таблиц 3 и 4 объединены в одну диаграмму.

РИСУНОК 7

Объединенная диаграмма результатов азимутального сканирования

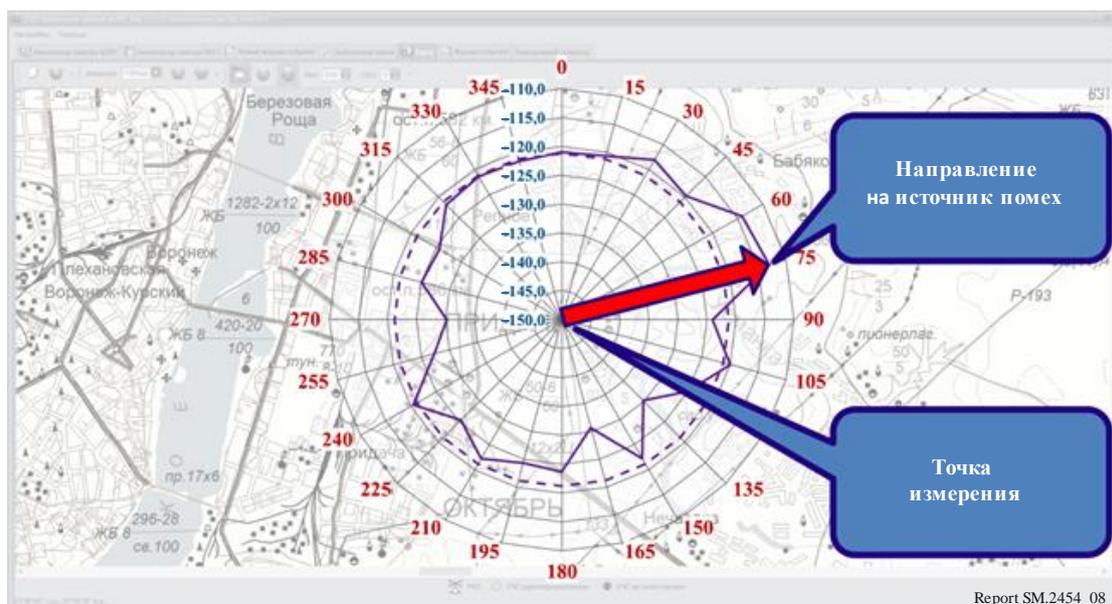


Report SM.2454_07

На этом рисунке виден четкий пик в направлении 60° – 75° . На рисунке 8 приведена диаграмма, наложенная на цифровую карту, которая четко показывает наличие излучений и помех и направления на источники этих излучений и помех. Направления на источники излучений и помех определяются по максимумам в данных.

РИСУНОК 8

Результаты на цифровой карте указывают направление на потенциальный источник помех



Поскольку в направлении 60°–75° активной передачи не ожидалось, проводится более детальная проверка записи этого спектра. На рисунке 9 показан спектр полосы частот L1 в месте измерения в направлении пикового уровня. Пиковый уровень примерно на 17 дБ выше среднего уровня.

РИСУНОК 9

Спектр полосы частот ГЛОНАСС L1 (направленная антенна, азимутальный угол 75°)

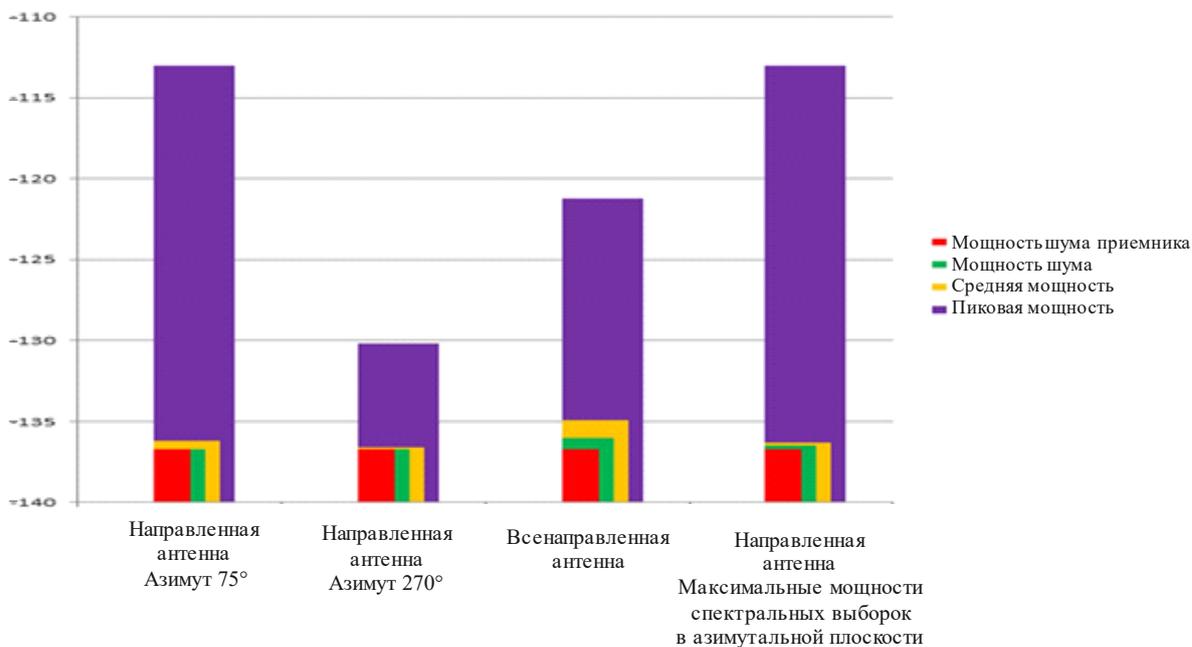


Report SM.2454_09

На рисунке 9 показаны результаты спектральных измерений для направленной и всенаправленной антенн.

РИСУНОК 10

Сводка характеристических уровней приема в полосе частот ГЛОНАСС L1



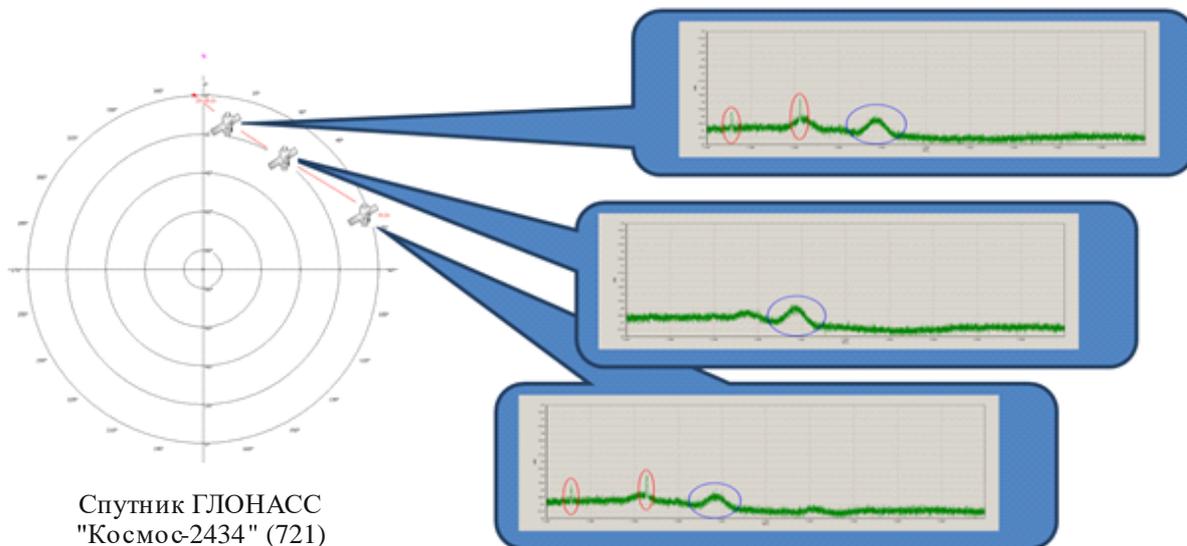
Report SM.2454_10

3.5.2 Диаграммы и интерпретация результатов сканирования полусферы

На рисунке 11 показаны спектры в полосе частот 1597–1607 МГц (ГЛОНАСС L1) для трех азимутальных углов относительно спутника ГЛОНАСС. Сигнал контролируемого спутника ГЛОНАСС на построенных спектрах отмечен синим кружком. На рисунке 10 также показаны спектры излучений помех (отмечены красными кружками), принимаемых при малых углах места.

РИСУНОК 11

Спектры в полосе частот 1597–1607 МГц (ГЛОНАСС L1) для трех азимутальных углов относительно спутника ГЛОНАСС



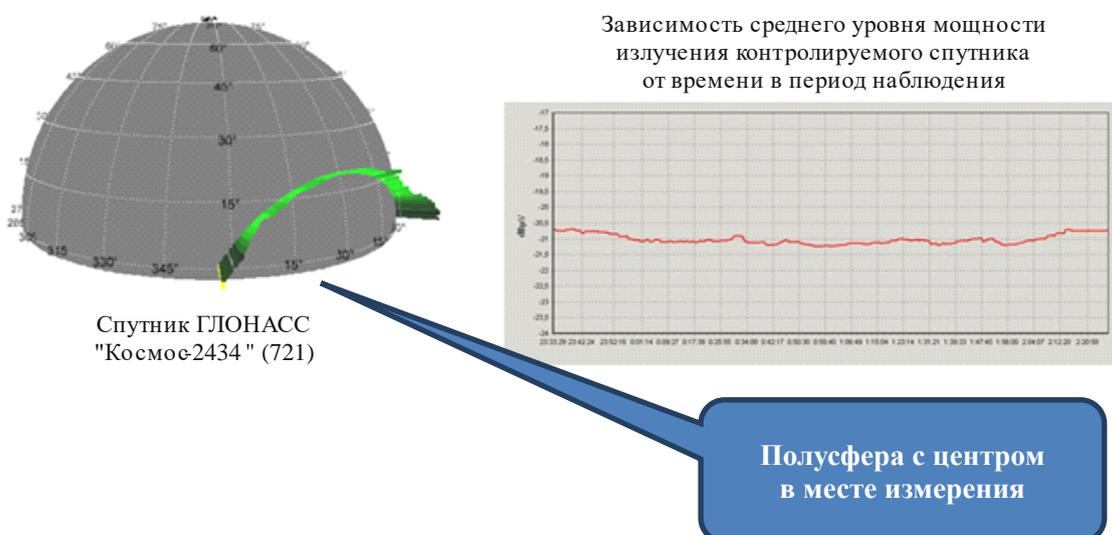
Report SM.2454_11

На рисунке 12 представлена комбинация зарегистрированных средних значений в направлении контролируемого спутника в двух нижеследующих системах координат.

- На трехмерной диаграмме в виде полусферы с координатами азимут/высота/уровень излучения. Уровни излучения показаны зеленым цветом. Центр полусферы расположен в точке измерения.
- На двумерной диаграмме зависимости уровня излучения в полосе от времени в период наблюдения, где каждый отсчет времени соответствует определенному азимуту и углу места относительно наблюдаемого спутника.

РИСУНОК 12

Комбинация средних значений мощности излучения в полосе частот 1597–1607 МГц (ГЛОНАСС L1)



Report SM.2454_12

Повышенные уровни на приведенных выше диаграммах указывают на возможные источники помех и могут быть связаны с повышением уровня фонового шума, когда параболическая антенна направлена в сторону горизонта.

На рисунке 13 показана трехмерная диаграмма средних уровней в полосе частот 1597–1607 МГц, измеренных с использованием параболической антенны. Результаты показаны двумя нижеследующими способами.

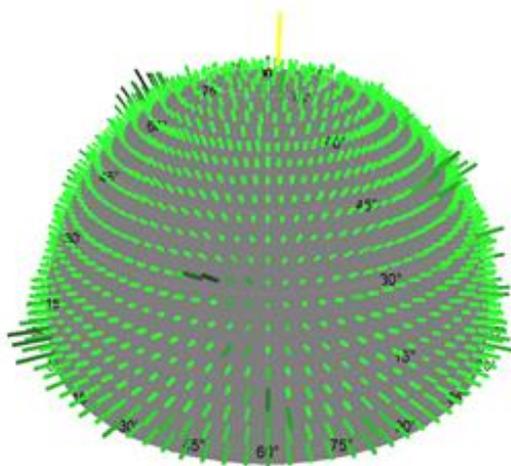
- На трехмерной диаграмме в виде полусферы с координатами азимут/высота/уровень излучения; длина зеленых стрелок соответствует уровню мощности, измеренному анализатором спектра. Центр полусферы расположен в точке измерения.
- На трехмерной диаграмме в плоскости азимут/высота/уровень излучения, где сферические координаты отображаются на плоской поверхности; уровни указаны с помощью цветовой шкалы (насыщенный красный цвет соответствует максимальным значениям мощности излучения, а слабо насыщенный зеленый цвет – минимальным).

Диаграммы средних уровней излучения в данной полосе частот указывают на высокие уровни излучений, поступающих из воздушного или космического пространства с определенными значениями азимута и угла места в течение периода измерения.

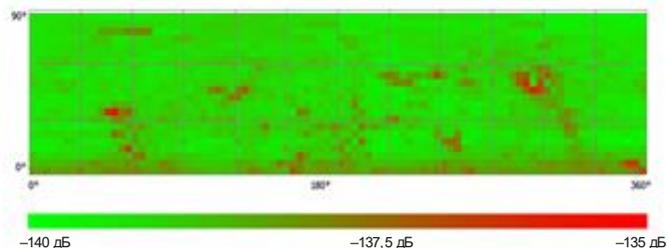
РИСУНОК 13

Максимальные принимаемые уровни в полосе частот L1, измеренные по всей полусфере

Карта полусферы



Полусфера, спроецированная на плоскую поверхность



Report SM.2454_13