

Моделирование автоматического затенения и многолучевости для проведения испытаний приемников ГНСС в реалистичных условиях

Указания по применению

Изделия:

I R&S®SMBV100A

Генератор R&S®SMBV100A – это не только универсальный векторный генератор сигналов общего назначения, но еще и эффективный эмулятор сигналов глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС). Он способен моделировать до 24 спутников в реальном масштабе времени для проведения адаптивных, надежных и экономически выгодных испытаний приемников ГНСС.

Генератор R&S®SMBV100A поддерживает проведение испытаний приемников в реалистичных условиях за счет реализации таких функций как моделирование затенения и генерация автоматического многолучевого распространения сигналов. Из множества возможных сценариев тестирования – с предварительно установленными или заданными пользователем настройками – в настоящих указаниях по применению приведены отдельные примеры, которые позволяют получить представление о возможностях прибора.

Содержание

1	Введение	3
2	Краткое описание	4
3	Предварительно заданные сценарии и модели эмуляции	7
4	Основные сведения	10
4.1	Тип транспортного средства.....	10
4.2	Диэлектрическая проницаемость.....	11
4.3	Многолучевость.....	11
4.4	Маска корпуса транспортного средства.....	12
5	Корабль: сигналы отражаются от поверхности воды и затеняются	17
6	Самолет: сигнал отражается от земли	21
7	Автомобиль: отражения от дорожных обочин и затенение.....	27
8	Автомобиль: полное затенение	32
8.1	Мосты и туннели.....	32
8.2	Парковка	35
9	Автомобиль: отражения и затенение от стационарных препятствий	38
9.1	Создание файлов траекторий для модели эмуляции вертикальных препятствий "Vertical Obstacles"	43
10	Заключение	46
11	Используемые сокращения	47
12	Библиография	47
13	Информация для заказа.....	47

1 Введение

В настоящих указаниях по применению для обозначения прибора R&S® SMBV100A производства компании Rohde & Schwarz используется сокращение "SMBV".



Прибор SMBV является экономичным универсальным векторным генератором сигналов с выдающимися радиотехническими характеристиками, способным генерировать сигналы всех основных стандартов связи и радиостандартов. Будучи оснащенный одной или несколькими опций ГНСС, генератор SMBV превращается в полноценный эмулятор спутниковых сигналов для проведения надежных и адаптивных испытаний ГНСС-приемников. Более подробное описание прибора и его функций см. в [2].

В настоящем документе полагается, что позиция приемной антенны расположена в непосредственной близости от позиции ГНСС-приемника так, что термины "приемник" и "антенна приемника" могут считаться эквивалентными. Как правило, смоделированные спутниковые сигналы всегда соответствуют позиции антенны, и размещение остальной аппаратуры приемника не имеет значения. Тем не менее, для улучшения читаемости текста в данном документе используется только термин "приемник". О том, что термин "приемник" на самом деле служит для обозначения "антенны приемника", важно учитывать преимущественно в контексте маски кузова машины.

2 Краткое описание

При использовании генератора SMBV в качестве эмулятора спутниковых сигналов можно удобно, надежно и экономически выгодно проводить испытания приемников ГНСС. С помощью одного автономного прибора можно в реальном масштабе времени генерировать сигналы от нескольких (до 24) спутников. Генератор SMBV обеспечивает проведение испытаний приемников в реалистичных условиях, предлагая следующие функции: эмуляция пространственного положения транспортного средства, моделирование диаграммы направленности антенны, эмуляция поворачивающихся транспортных средств, расширенная эмуляция затенений, а также ручная и автоматическая генерация многолучевых сигналов. В данных указаниях по применению рассмотрены вопросы моделирования затенений и автоматической эмуляции многолучевости с помощью генератора SMBV.

Генератор SMBV способен эмулировать различные виды препятствий. Вообще, препятствия могут вызывать

- затенение спутниковых сигналов;
- переотражения спутниковых сигналов, которые приводят к многолучевому приему (одновременному приему прямого и отраженных сигналов) на приемнике.



Затенение может быть вызвано, например, природными или городскими объектами (изменения рельефа, строения). Последствие затенения состоит в том, что приемник теряет сигнал от спутника – надолго или на какой-то период времени. Например, в городских условиях многие спутниковые сигналы блокируются высокими зданиями и для приемника остаются видимыми лишь спутники, находящиеся высоко в небе. Группировки, формируемые этими немногочисленными высокорасположенными спутниками, имеют слабые значения показателя снижения точности (DOP). Поэтому особенно важно проводить испытания рабочих характеристик спутников путем воспроизведения различных сценариев затенения с использованием эмулятора сигналов ГНСС. Эти сценарии охватывают целый диапазон ситуаций, от кратковременного до постоянного затенения, от блокировки лишь нескольких спутников до полной блокировки всех сигналов, от фиксированного затенения (например, кузовом автомобиля, который окружает приемник) до затенения, характеристики которого изменяются во времени. Прибор SMBV охватывает все эти сценарии с помощью предварительно заданных или пользовательских настроек.

Помимо затенений, генератор SMBV способен моделировать многолучевое распространение сигналов. Многолучевое распространение является результатом того, что спутниковые сигналы отражаются от препятствий и достигают приемника в виде эхо-сигналов. Эти эхо-сигналы спутникового сигнала приходят на приемник с различными задержками и уровнями затухания. В зависимости от реализованного в приемнике способа обработки сигналов, эхо-сигналы могут вызывать проблемы, искажая корреляционный пик и приводя к появлению ошибок в определении псевдо-

дальности. В случае затенения сигнала прямой видимости (LOS), приемник будет интерпретировать первый эхо-сигнал как сигнал LOS, что приведет к появлению значительных затруднений при обработке сигнала в приемнике. Поэтому проведение испытаний ухудшения рабочих характеристик в условиях многолучевого распространения становится особенно важным. Генератор SMBV способен эмулировать как статическое, так и автоматическое многолучевое распространение сигналов.

- Ручная многолучевость: ручная конфигурация таких настроек (пользовательский режим) как затухание сигнала, задержка/временной сдвиг, доплеровский сдвиг частоты и фазы несущей для каждого спутника по отдельности.
- Автоматическая многолучевость: предварительно заданная или пользовательская конфигурация сценария затенения с автоматическим моделированием соответствующего многолучевого распространения на основе данных о спутниковой группировке, позиции приемника, позиции препятствия и материале поверхности.

Пользователь может выбирать между эмуляцией затенения и эмуляцией затенения с дополнительной автоматической многолучевостью.

Различные предустановки – предварительно заданные сценарии, файлы с точками маршрута, маски корпусов – упрощают работу и тестирование.

Подробное описание измерительной установки, например, схему подключения испытуемого приемника к прибору SMBV, см. в [3].

В следующей таблице приведен обзор опций ГНСС, доступных для прибора SMBV. Функции затенения и автоматической многолучевости, о которых идет речь в настоящем документе, выделены цветом.

Обзор опций ГНСС для генератора SMBV		
Опция	Название	Примечание
R&S® SMBV-K44	GPS (6 спутников)	
R&S® SMBV-K65	Assisted GPS	Требуется K44
R&S® SMBV-K93	P-код GPS	Требуется K44
R&S® SMBV-K66	Galileo (6 спутников)	
R&S® SMBV-K67	Assisted Galileo	Требуется K66
R&S® SMBV-K94	Glonass (6 спутников)	
R&S® SMBV-K96	Assisted Glonass	Требуется K94
R&S® SMBV-K91	Расширение ГНСС до 12 спутников	Требуется K44, K66 или K94
R&S® SMBV-K92	Расширение ГНСС (например, сценарии движения, ручная многолучевость, HIL)	Требуется K44, K66 или K94
R&S® SMBV-K96	Расширение ГНСС до 24 спутников	Требуется K44, K66 или K94 и K91
R&S® SMBV-K101	Затенение и автоматическая многолучевость	Требуется K44, K66 или K94 только для эмуляции затенения Требуется K44, K66 или K94 и K92 для затенения и многолучевости
R&S® SMBV-K102	Диаграмма направленности антенны / маски кузовов	Требуется K44, K66 или K94
R&S® SMBV-K103	Вращение / положение в пространстве	Требуется K44, K66 или K94 и K102

В следующей таблице перечислены опции ГНСС, которые рекомендованы в отношении данных указаний по применению.

Рекомендуемые опции ГНСС для моделирования затенения и автоматической многолучевости		
Опция	Название	Примечание
По крайней мере, одна из следующих опций: R&S®SMBV-K44 R&S®SMBV-K66 R&S®SMBV-K94	GPS Galileo Glonass (ГЛОНАСС)	6 спутников
R&S®SMBV-K91	Расширение ГНСС до 12 спутников	12 спутников Рекомендуется, поскольку 6 спутников слишком мало для воспроизведения реалистичных условий
(R&S®SMBV-K96)	(расширение ГНСС до 24 спутников)	(24 спутника, опционально)
R&S®SMBV-K92	Расширение ГНСС (например, сценарии движения, ручная многолучевость, HIL, сглаживание маршрутных точек)	Требуется для движущегося приемника Необходимо для автоматической многолучевости
R&S®SMBV-K101	Затенение и автоматическая многолучевость	В центре внимания данного документа
(R&S®SMBV-K102)	(Диаграмма направленности антенны / маски корпусов)	(требуется при эмуляции затенения с помощью маски корпуса транспортного средства)

В начале настоящих указаний по применению представлены предварительно заданные сценарии затенения и различные режимы эмуляции (из раздела 3). В разделе 4 вводятся некоторые фундаментальные понятия о функции эмуляции затенения и автоматической многолучевости прибора SMBV. В разделах 5...9 представлены примеры применения данных функций. Ниже перечислены различные сценарии эмуляции. Документ завершается кратким заключением.

Представленные примеры сценариев:

Приемник ГНСС расположен в/на ...

- Корабле, идущем по водному пути (каналу), он принимает отражения от водной поверхности и затеняется в окружающей природной среде (раздел 5).
- Самолете, он принимает отражения от сухой пустынной земной поверхности и затеняется маской корпуса самолета (раздел 6).
- Автомобиле, он затеняется и принимает многолучевые отражения от городских препятствий по обеим сторонам дороги (раздел 7).
- Автомобиле, он полностью затеняется мостами, туннелями и многоуровневыми парковками (раздел 8).
- Автомобиле, он затеняется и принимает многолучевые отражения со всех направлений в "ущелье" городской улицы (со стационарными препятствиями) (раздел 9).

3 Предварительно заданные сценарии и модели эмуляции

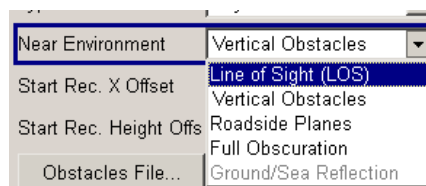
В генераторе SMBV поддерживаются различные предварительно заданные сценарии для разного рода затенений сигнала с учетом и без учета дополнительного многолучевого распространения сигналов:

Обзор предварительно заданных сценариев			
Предварительно заданный сценарий	Имитируемая внешняя среда	Физическая модель	Примечание
Городской квартал	Вертикальные препятствия	Затенение + многолуч.	Городской район со средней высотой зданий 20 м.
Городское "ущелье"	Вертикальные препятствия	Затенение + многолуч.	Плотная городская застройка со средней высотой зданий 30 м.
Пригород	Дорожные обочины	Затенение + многолуч.	Пригородная плотность застройки с относительно большим расстоянием от приемника (40 м с каждой стороны).
Магистраль	Дорожные обочины	Только затенение	Периодическое кратковременное затенение от проходящих автомобилей на встречной полосе и (шумовых) барьеров на другой стороне.
Рельеф	Дорожные обочины	Только	Естественный или городской рельеф
Мост ¹	Полное затенение	Только	Периодическое затенение от мостов.
Парковка ¹	Полное затенение	Только	Затенение с переменной длительностью из-за парковки на многоуровневой автостоянке.
Туннель ¹	Полное затенение	Только	Затенение из-за туннелей.

Эти предварительно заданные сценарии могут настраиваться и могут использоваться в качестве основы для специальных пользовательских настроек. Модифицированные сценарии, а также целиком заданные пользователем сценарии можно сохранить в приборе SMBV для загрузки в будущем.

В зависимости от сценария затенения/многолучевости используются различные модели эмуляции. Генератор SMBV поддерживает четыре различные модели эмуляции (имитируемой внешней среды "Near Environment"). Среди них:

- Вертикальные препятствия (Vertical obstacles)
- Дорожные обочины (Roadside planes)
- Полное затенение (Full obscuration)
- Отражение от земли/воды (Ground/sea reflection)



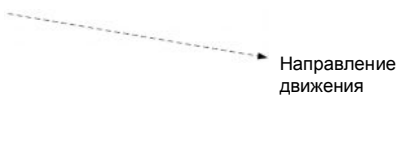
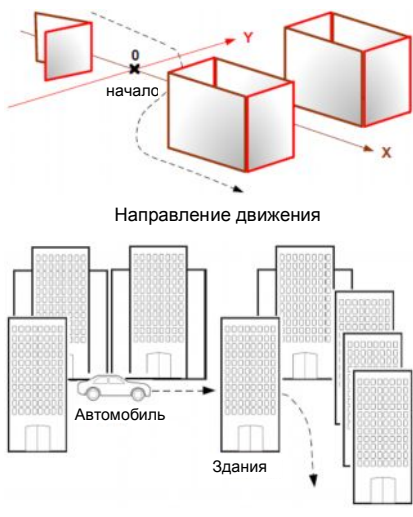
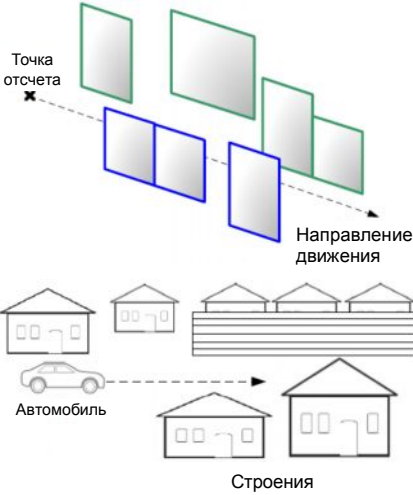
Модель эмуляции прямой видимости "Line of Sight (LOS)" означает отсутствие затенения/многолучевости.

Подробное описание четырех режимов эмуляции дано в разделах 5...9: отражение от земли/воды в разделах 5 и 6, дорожные обочины в разделе 7, полное затенение в разделе 8, а вертикальные препятствия в разделе 9.

¹ Доступно несколько предварительно заданных сценариев.

Обзор моделей эмуляции

Основные характеристики и различия между ними

Имитируемая внешняя среда	Краткое описание	Иллюстрация
Line of sight (LOS) Прямая видимость	Затенение/многолучевое распространение отсутствует	
Vertical obstacles Вертикальные препятствия	Вертикальные плоскости, размещенные на координатной плоскости (карте) параллельно и перпендикулярно осям координат. При эмуляции учитываются все препятствия, приводящие к затенению и отражениям от всех направлений. Ориентация препятствий на карте фиксирована. Траектория перемещения приемника должна совпадать со стационарным размещением препятствий. Требуются подходящие файлы с точками маршрута. Эмуляция только затенения или затенения и многолучевости. Отражения от земной поверхности отсутствуют. Реальная ситуация: движение автомобиля по городу.	
Roadside planes Дорожные обочины	Вертикальные плоскости, расположенные параллельно направлению движения с правой и/или левой стороны. При эмуляции учитываются только две плоскости, которые в данный момент расположены слева и справа от приемника. Выбирается, будет ли у плоскостей конечная или бесконечная длина. Ориентация препятствий не фиксирована, но "следует" траектории движения приемника. Подходит для всех файлов с маршрутными точками. Эмуляция только затенения или затенения и многолучевости. Отражения от земной поверхности отсутствуют. Реальная ситуация: движение автомобиля по пригороду.	

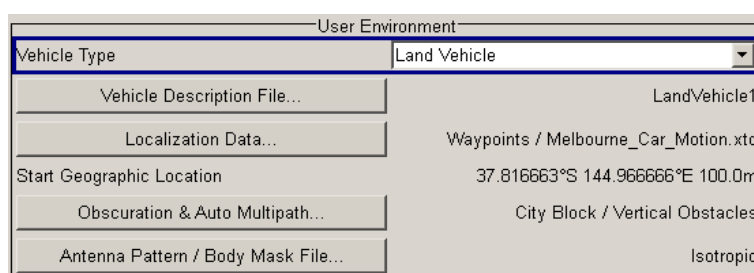
Обзор моделей эмуляции		
Основные характеристики и различия между ними		
Имитируемая внешняя среда	Краткое описание	Иллюстрация
Full obscuration Полное затенение	Области затенения, заданные размером (расстоянием) или периодом времени. За пределами этих областей прием спутниковых сигналов устойчив. Внутри этих областей сигналы от спутников полностью затеняются. Области затенения (заданные расстоянием) "следуют" траектории движения приемника. Подходит для всех файлов с маршрутными точками. Эмуляция только полного затенения. Отражения любого рода отсутствуют. Реальная ситуация: движение автомобиля через туннель.	
Ground/sea reflections Отражение от земной/водной поверхности	Две вертикальные плоскости, расположенные параллельно направлению движения с левой и с правой стороны. Полагается, что обе плоскости имеют бесконечную длину в каждой точке маршрута. Ориентация препятствий "следует" траектории движения приемника. Подходит для всех файлов с маршрутными точками. Эмуляция только затенения или затенения и многолучевости. Отражения от препятствий отсутствуют – только отражения от земной поверхности Реальная ситуация: движение корабля через ущелье.	

4 Основные сведения

В данном разделе представлены некоторые фундаментальные понятия об эмуляции затенений и многолучевого распространения в приборе SMBV.

4.1 Тип транспортного средства

Параметр "Vehicle Type" (тип транспортного средства) является главным параметром, который влияет на такие настройки параметра "User Environment" (пользовательские параметры окружающей среды) как "Obscuration & Auto Multipath" (затенение и автоматическая многолучевость).



Этот параметр действует как фильтр выбора. Например, доступные значения параметра "Near Environment" (имитируемая внешняя среда) зависят от выбранного типа транспортного средства.

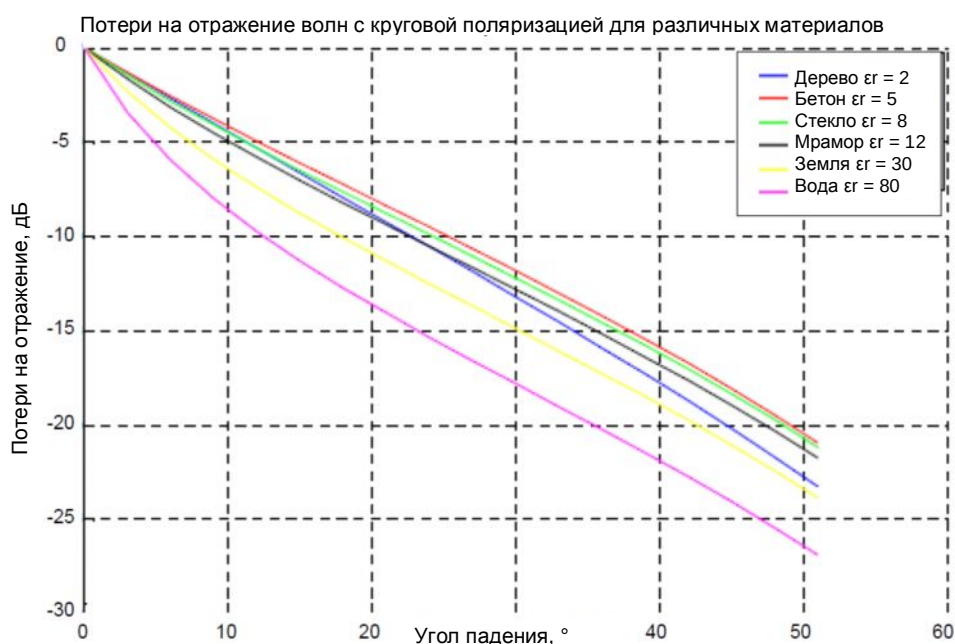
Обзор типов транспортных средств		
Тип транспортного средства	Приемник	Имитируемая внешняя среда
Pedestrian Пешеход	Движущийся + статичный	Вертикальные препятствия Обочины дорог (только для движущегося приемника) Полное затенение (только для движущегося приемника)
Land vehicle Наземное транспортное средство	Движущийся + статичный	Вертикальные препятствия Обочины дорог (только для движущегося приемника) Полное затенение (только для движущегося приемника)
Ship Корабль	Движущийся + статичный	Отражение от земной/водной поверхности ² Полное затенение (только для движущегося приемника)
Aircraft Самолет	Только движущийся	Отражение от земной/водной поверхности
Spacecraft Космический аппарат	Только движущийся	Отражение от земной/водной поверхности

² Модель эмуляции "Ground/sea reflection" (отражение от земной/водной поверхности) содержит также вертикальные плоскости для эмуляции затенения.

4.2 Диэлектрическая проницаемость

Относительная диэлектрическая проницаемость ϵ_r — это физическое свойство материала, которое определяет отражательную способность его поверхности.

Когда спутниковый сигнал ГНСС достигает поверхности, он, как правило, частично отражается и частично передается (в среду). Такие физические величины, как волновая поляризация, угол падения и диэлектрическая проницаемость среды определяют величину отражения от поверхности. Так как часть падающей волны передается в среду, отраженный сигнал имеет более низкий уровень мощности, чем падающий сигнал. Результирующие потери сильно зависят от угла падения и диэлектрической проницаемости, как показано на следующем рисунке для волн с круговой поляризацией.



В приборе SMBV пользователь может задать диэлектрическую проницаемость отражающих поверхностей. В этом случае, прибор SMBV определит потери на отражение для конкретной диэлектрической проницаемости и текущего угла падения. Последний автоматически вычисляется по положению спутника относительно отражающего препятствия.

Также пользователь может непосредственно задать потери на отражение от поверхности. В этом случае влияние угла падения не учитывается, а используется фиксированный уровень потерь независимо от угла падения.

4.3 Многолучевость

Вообще, генератор SMBV эмулирует одно отражение на не более чем один эхо-сигнал. Другими словами, многократные отражения отдельного эхо-сигнала не моделируются. Причина этого довольно проста. По своей природе сигналы ГНСС имеют очень малую мощность. Каждое отражение приводит к ослаблению сигнала, часто на 6 дБ и намного выше. После второго отражения ослабление сигнала так высоко, что он вероятно даже не будет обнаружен приемником. Поэтому такое приближение для пренебрежения многократными отражениями является допустимым.

Таким образом, генератор SMBV эмулирует один эхо-сигнал на спутник и препятствие.

Вот несколько теоретических примеров для лучшего понимания:

- Один спутник и одно препятствие вызовут не более одного эхо-сигнала.
- Один спутник и два препятствия вызовут не более двух эхо-сигналов.
- Два спутника и одно препятствие вызовут не более двух эхо-сигналов.
- Два спутника и два препятствия вызовут не более четырех эхо-сигналов.

Для каждого эхо-сигнала прибор SMBV автоматически моделирует дополнительное ослабление сигнала, задержку/временной сдвиг, доплеровский сдвиг частоты и фазы несущей по сравнению с воображаемым сигналом прямой видимости (LOS-сигналом).

Каждому спутниковому LOS-сигналу и каждому спутниковому эхо-сигналу требуется один канал эмуляции. Доступный запас каналов зависит от установленных опций и показано в приведенной ниже таблице. В сценариях, где присутствует больше LOS- и эхо-сигналов, чем доступных каналов, некоторые из эхо-сигналов не могут быть смоделированы. В этом случае эти эхо-сигналы отфильтровываются в соответствии со следующими факторами: угол возвышения, мощность сигнала и дополнительная задержка (относительно теоретического LOS-сигнала). При возникновении подобной ситуации на экран прибора SMBV выводится предупреждающее сообщение.

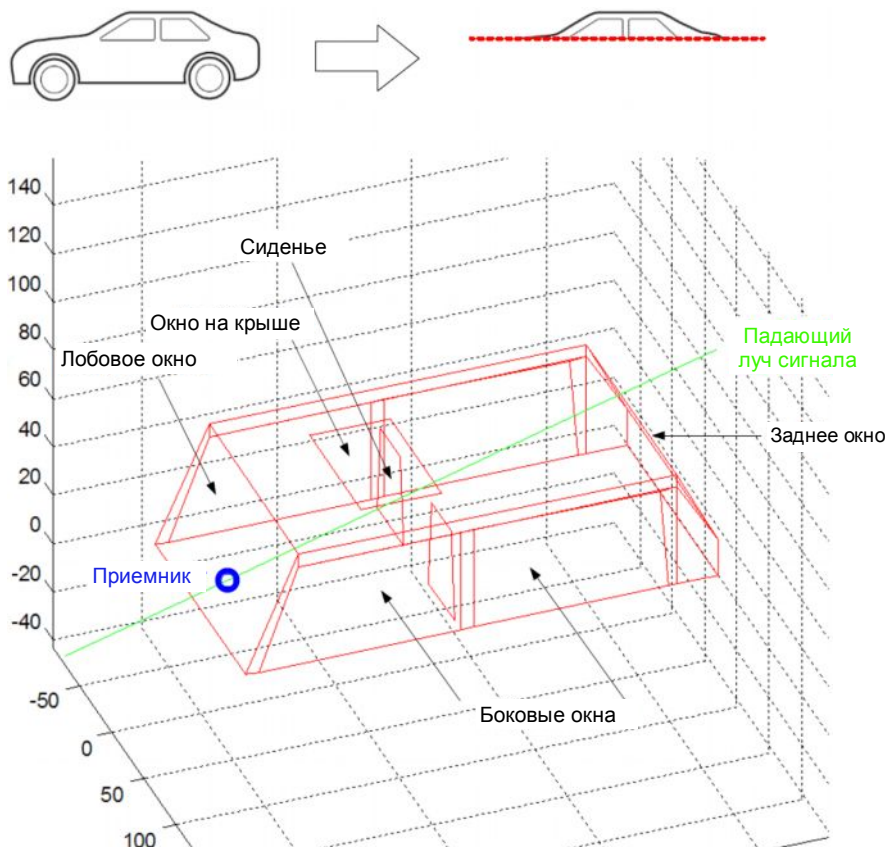
Запас каналов в приборе SMBV	
Количество каналов	Условия
16	Расширение ГНСС до 24 спутников (опция K96) не установлено Р-код GPS не активирован
24	Расширение ГНСС до 24 спутников (опция K96) установлено Активированы только спутники GPS и/или ГЛОНАСС Р-код GPS не активирован
19	Расширение ГНСС до 24 спутников (опция K96) установлено Активированы только спутники Galileo (подробности см. в [4]) Р-код GPS не активирован
12	Р-код GPS активирован

4.4 Маска корпуса транспортного средства

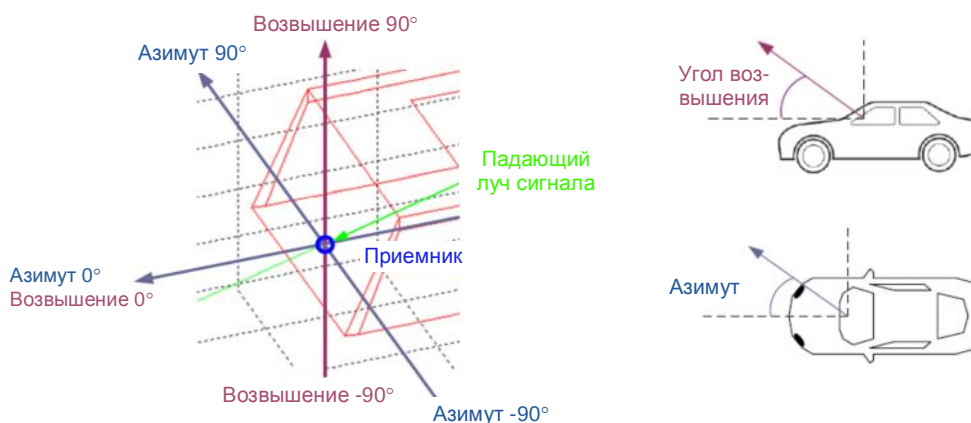
В настоящих указаниях по применению основное внимание уделено затенениям, вызванным городской средой и естественной местностью. Например, приемник ГНСС в мобильной навигационной системе, установленный на лобовом стекле автомобиля, будет встречать меняющиеся во времени препятствия (здания, горы) при движении по ландшафту. Характеристики препятствий (расстояние, высота, частота появления и т.д.) меняются.

Кроме того, сигнал на приемнике подвергается ослаблению и затенению корпусом транспортного средства, окружающего приемник. Такое препятствие, т.е. корпус транспортного средства, обычно фиксировано относительно приемника и не меняет своих характеристик. Это "стационарное" препятствие может быть смоделировано с помощью маски корпуса транспортного средства.

Прибор SMBV содержит различные предварительно заданные маски корпусов для различных типов транспортных средств. На следующем рисунке показана упрощенная 3D-модель автомобиля среднего размера. Верхняя половина автомобиля рассмотрена более подробно; считается, что нижняя половина вызывает равномерное затенение. Положение приемника указано на рисунке (точнее, положение антенны приемника, см. примечание в разделе 1).

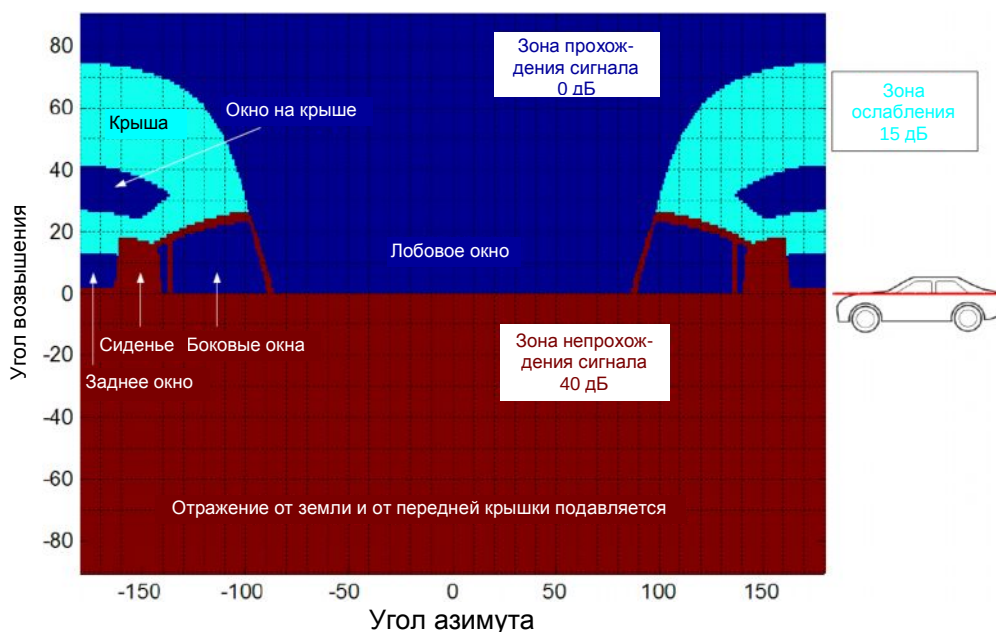


По такой упрощенной модели транспортного средства выводится маска корпуса. Маска представляет собой таблицу со строками значений углов возвышения от $+90^\circ$ до -90° и столбцами значений азимута от -180° до $+180^\circ$. Каждый элемент таблицы задает соответствующее ослабление мощности падающего сигнала в дБ. Ориентация сферической системы координат "азимут-возвышение" относительно моделируемого автомобиля показана на следующем рисунке.



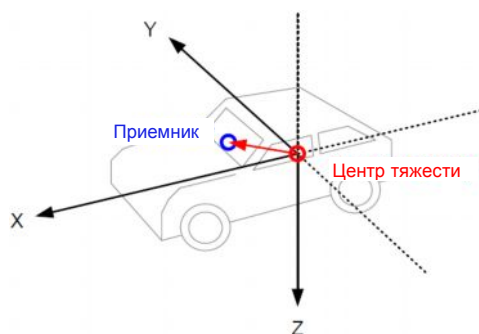
Предварительно заданные маски корпусов содержат до трех зон: прохождения, ослабления и непрохождения сигнала. В зоне прохождения сигнала падающий сигнал не ослабляется – соответствующие элементы таблицы имеют значение 0 дБ. Зоны прохождения соответствуют областям с неограниченным обзором, таким как окна или окна на крыше. В зоне ослабления падающий сигнал ослабляется, но подавляется не полностью – соответствующие элементы таблиц имеют значение 15 дБ. Зоны ослабления соответствуют, например, крыше автомобиля. Эти области состоят из материалов, которые являются достаточно тонкими для проникновения лучей сигналов. В зоне непрохождения сигнала падающий сигнал сильно подавляется – соответствующие элементы таблицы имеют значение 40 дБ. Зоны непрохождения сигнала соответствуют таким областям, как двери и багажник.

Маска корпуса выводится из показанной выше упрощенной модели транспортного средства следующим образом: если падающий луч сигнала (со своим азимутом и углом возвышения) проходит через окно и достигает приемника, то соответствующий элемент азимут-возвышение в таблице маски корпуса устанавливается в значение 0 дБ. Приемник размещается за лобовым окном как показано на приведенных выше рисунках. Если падающий луч попадает на крышу, он ослабляется и соответствующий элемент азимут-возвышение устанавливается в значение 15 дБ. Если луч попадает на любую другую поверхность транспортного средства (например, на металлический корпус), он подавляется и соответствующий элемент азимут-возвышение устанавливается в значение 40 дБ. Получается следующая маска корпуса:



Общее замечание: при изменении положения приемника относительно 3D-модели автомобиля произойдет изменение маски корпуса. Точно также, изменение 3D-модели автомобиля приведет к изменению маски корпуса, которая будет отличаться от предварительно заданной.


```
<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1"?>
<antenna_pattern>
<antenna_descr>
<antenna id="1" RollAxis_X_offset="0.9" PitchAxis_Y_offset=" 0.0000" YawAxis_ ...
</antenna_descr>
<az_res> 1.00000000e+000 </az_res>
<elev_res> 1.00000000e+000 </elev_res>
<data>
-179.5,-178.5,-177.5,-176.5,-175.5,-174.5,-173.5,-172.5,-171.5,-170.5,-169.5 ...
89.5    00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00
88.5    00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00
87.5    00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00
86.5    00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00
85.5    00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00
84.5    00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00
...
...                                     Значения ослабления                                     ...
```



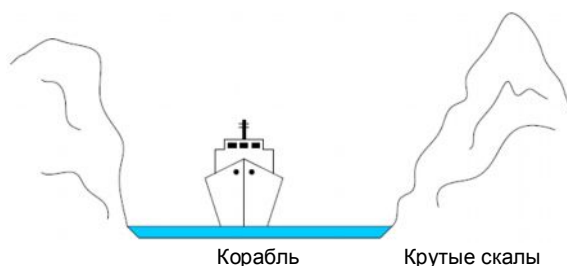
В целом, при моделировании, отражение спутниковых сигналов от корпуса транспортного средства не учитывается. Например, внутренними отражениями внутри корпуса автомобиля пренебрегают.

5 Корабль: сигналы отражаются от поверхности воды и затеняются

Реальная ситуация:

Корабль движется по каналу с препятствиями по обоим берегам водного пути, которые затеняют спутниковые сигналы. Кроме того, спутниковые сигналы отражаются от водной поверхности внутри ущелья/каньона.

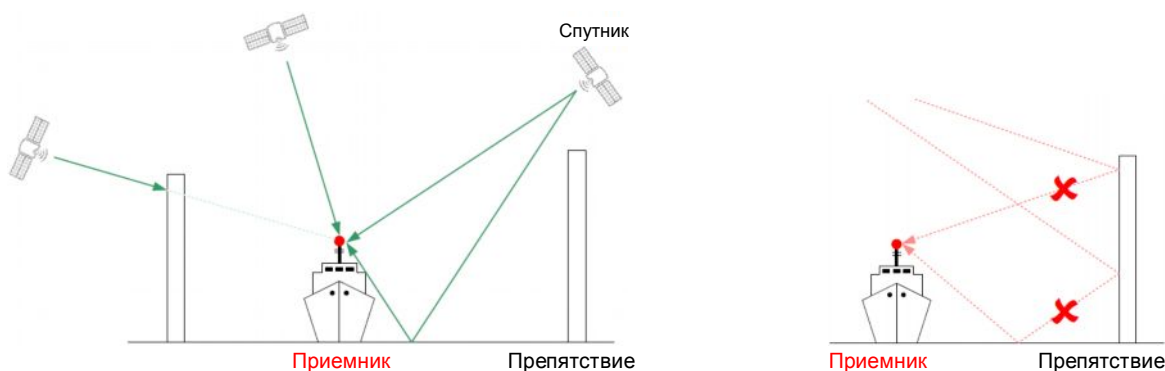
Примером может служить грузовое судно, движущееся через норвежский фьорд с крутыми скалистыми берегами по обеим сторонам.



Сценарий эмуляции:



Препятствия моделируются вертикальными плоскостями. Их высота и протяженность может задаваться индивидуально для каждой стороны водного пути, чтобы походить на естественную среду. Генератор SMBV эмулирует затенение спутниковых сигналов препятствиями и многолучевое распространение из-за отражений от плоской водной поверхности. Отражения от препятствий и многократные отражения не моделируются, что показано на следующем рисунке.



Пользователь может задавать диэлектрическую проницаемость (или ослабление мощности) отражающей поверхности. Для удобства использования поддерживаются предварительно заданные типы поверхностей, например, водная. Для них индицируются соответствующие значения диэлектрической проницаемости и удельной проводимости.

Предварительно заданные типы поверхностей

Отражение от земной/водной поверхности

Ground/sea reflection

Тип поверхности	Относительная диэлектрическая проницаемость
Пресная вода	80
Морская вода	20

GPS: Obscuration and Auto Multipath

Type: User Defined

Near Environment: Ground/Sea Reflection

Physical Model: Obscuration & Multipath

Material Property: Permittivity

Surface Type: Sea Water

Ground Permittivity: 20.0

Ground Conductivity: 4.000 000

h1: 100.0 m

d1: 800.0 m

d2: 1.000 0 km

h2: 120.0 m

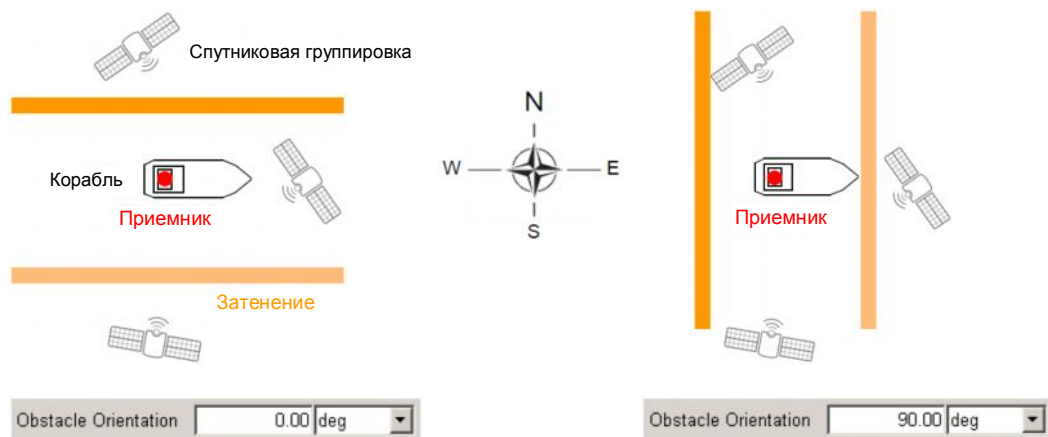
Ground Level

Ground Altitude: 0.0 m

WGS 84

Статичный приемник:

Положение статичного приемника задается фиксированными значениями широты, долготы и высоты. Может быть задано горизонтальное расстояние между препятствиями и приемником, а также ориентация препятствий относительно географического направления. Ориентация препятствий влияет на то, какие из спутников небесной группировки будут затеняться. Полагается, что препятствия имеют бесконечную длину.



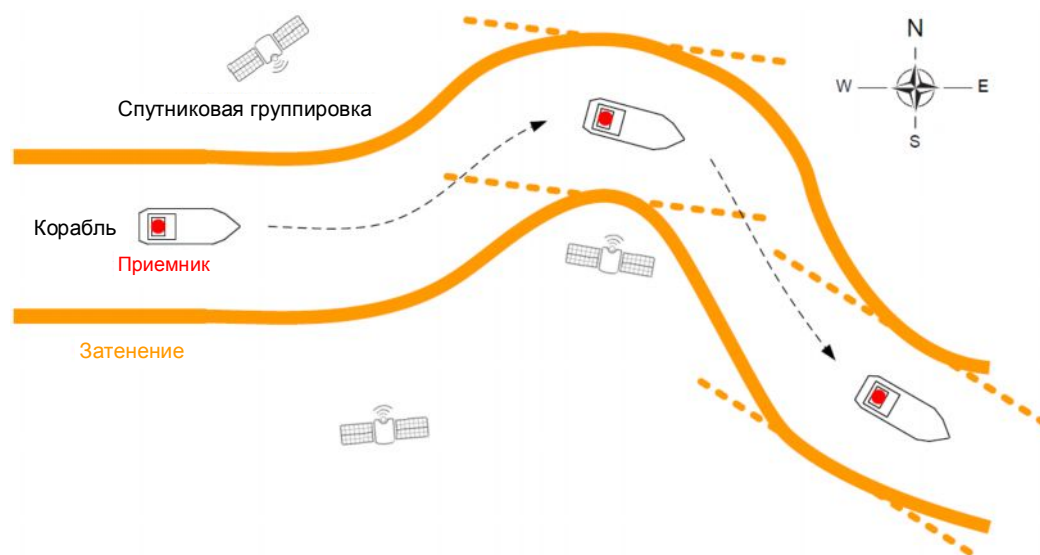
Вертикальное расстояние между приемником и уровнем моря задается значением высоты (устанавливается в меню "Localization Data") в соответствии со следующим соотношением: высота (altitude) = высота земного уровня (Ground altitude) + высота над уровнем моря.

Особый случай: статический приемник без затенения, но с учетом отражения от водной/земной поверхности

Этот сценарий может быть получен путем установки нулевой высоты препятствий по обоим берегам.

Движущийся приемник:

Положение движущегося приемника задается файлом маршрутных точек (информацию о поддерживаемых форматах файлов см. в [1] и [3]). Когда корабль движется по заданной траектории, препятствия всегда стоят параллельно направлению движения. Препятствия сохраняют заданную высоту и горизонтальное расстояние до приемника. В каждой точке маршрута полагается, что препятствия имеют бесконечную длину.



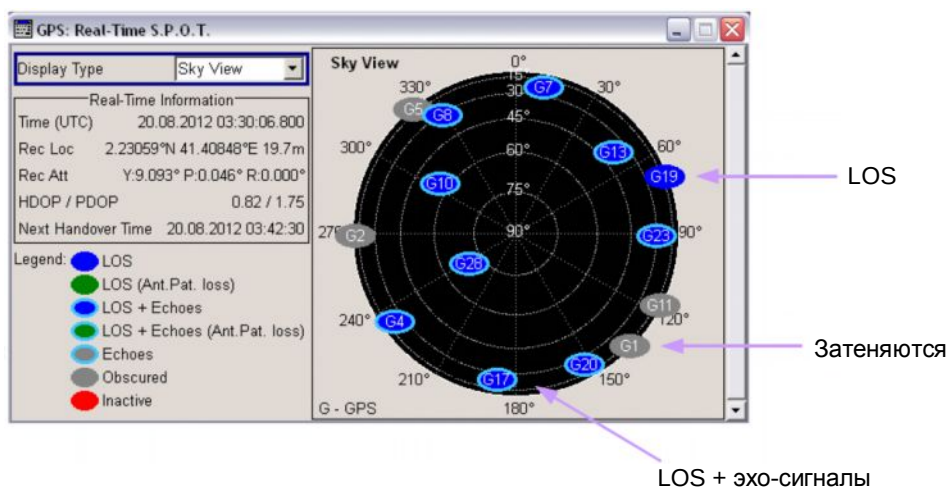
Вертикальное расстояние между приемником и уровнем моря задается значением высоты в файле маршрутных точек в соответствии со следующим соотношением: высота (altitude) = высота земного уровня (Ground altitude) + высота над уровнем моря.

Особый случай: движущийся приемник без затенения, но с учетом отражения от водной/земной поверхности

Этот сценарий описан в разделе 6. Он может быть получен путем установки нулевой высоты препятствий по обоим берегам.

Изображение неба:

В окне "Sky View" прибора SMBV с изображением неба показано влияние многолучевого распространения и затенения на эмулируемые спутниковые сигналы в реальном масштабе времени. Некоторые спутники, особенно, с низкими углами возвышения, скрываются за препятствиями и их сигналы прямой видимости (LOS) не достигают приемника. Они индицируются как затененные спутники, например, спутники G5, G2 и т.д. на показанном снимке экрана. Сигналы от других спутников отражаются от морской поверхности и достигают приемника вместе с прямым LOS-сигналом, например, G8, G10, G4 и т.д. Некоторые спутники являются видимыми, но не вызывают многолучевых эхо-сигналов, например, G19.

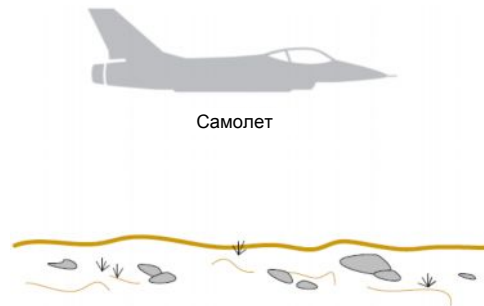


6 Самолет: сигнал отражается от земли

Реальная ситуация:

Самолет летит над землей, морем или сквозь ущелья/каньоны со стенами, которые затевают спутниковые сигналы. Спутниковые сигналы отражаются от земной и водной поверхностей.

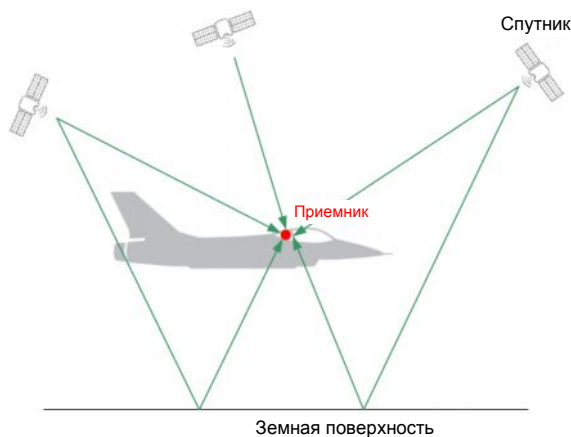
Примером может служить реактивный самолет, летящий над ровной пустынной местностью на высокой скорости.



Сценарий эмуляции:



Генератор SMBV эмулирует многолучевое распространение из-за отражений от земной поверхности. Земная поверхность считается плоской.



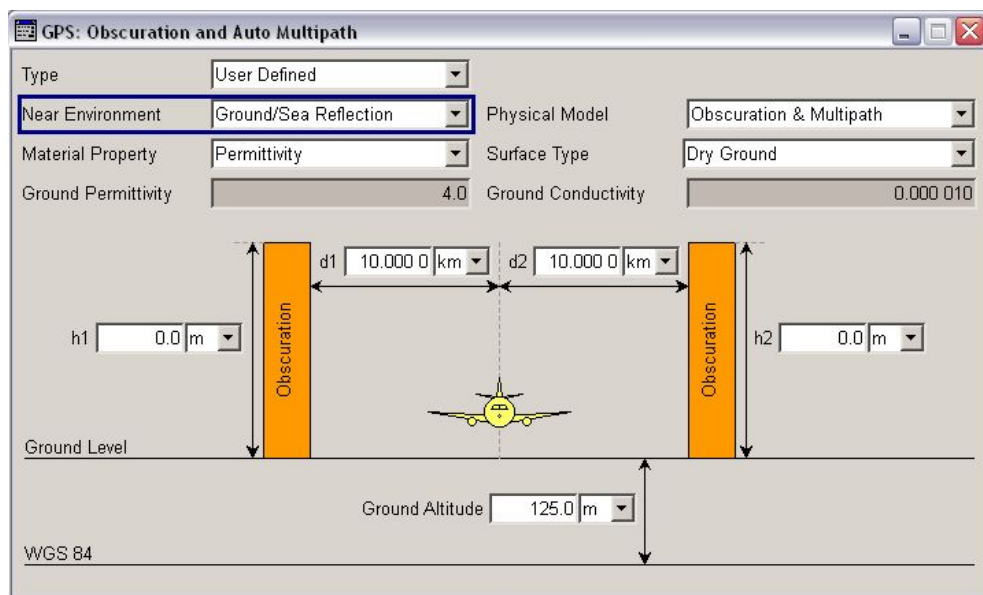
Пользователь может задавать диэлектрическую проницаемость (или ослабление мощности) отражающей земной поверхности. Для удобства использования поддерживаются предварительно заданные типы поверхностей, например, сухая земная. Для них индицируются соответствующие значения диэлектрической проницаемости и удельной проводимости.

Предварительно заданные типы поверхностей

Отражение от земной/водной поверхности

Ground/sea reflection

Тип поверхности	Относительная диэлектрическая проницаемость
Сухая земля	4
Полусухая земля	7
Мокрая земля	30
Пресная вода	80
Морская вода	20

**Движущийся приемник:**

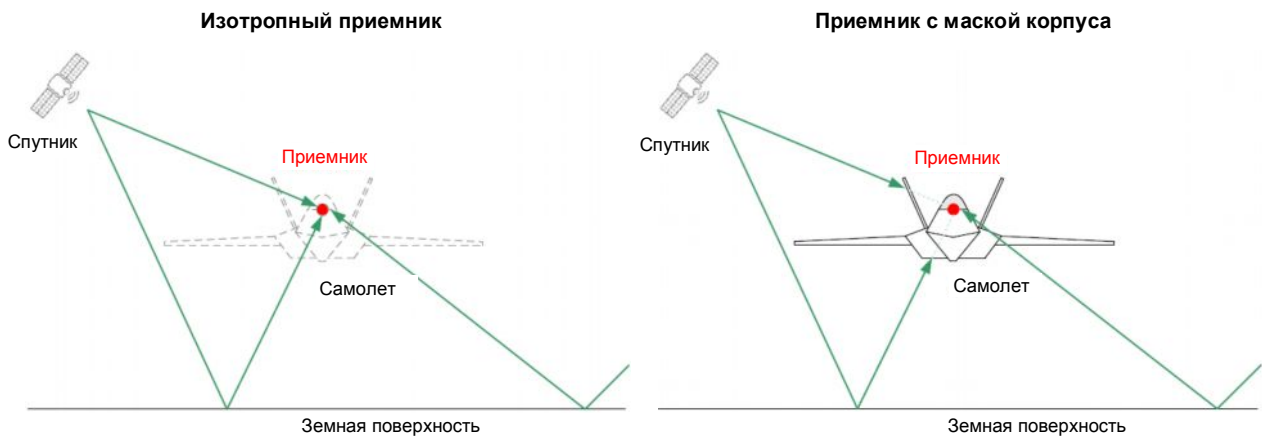
Положение движущегося приемника задается файлом маршрутных точек.

Вертикальное расстояние между приемником и уровнем земли задается значением высоты в файле маршрутных точек в соответствии со следующим соотношением: высота (altitude) = высота земного уровня (Ground altitude) + высота над уровнем земли.

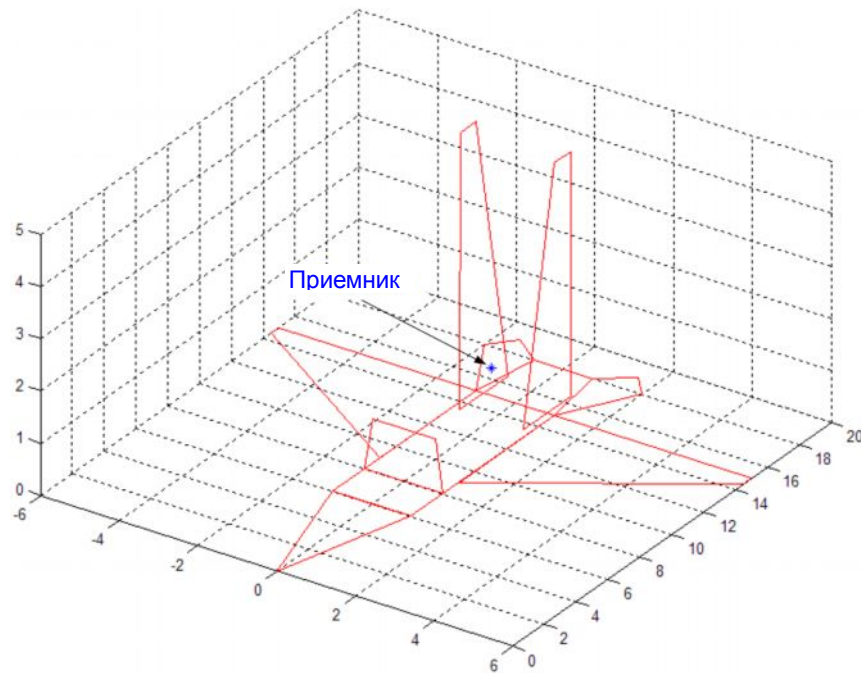
Скорость полета самолета вычисляется по файлу маршрутных точек. Для классических файлов маршрутных точек физическое расстояние между двумя соседними точками и заданное разрешение по времени (между двумя точками) определяют текущую скорость. Генератор SMBV с установленной опцией SMBV-B10F поддерживает скорости до значений 10000 м/с (36000 км/ч).

Маска корпуса:

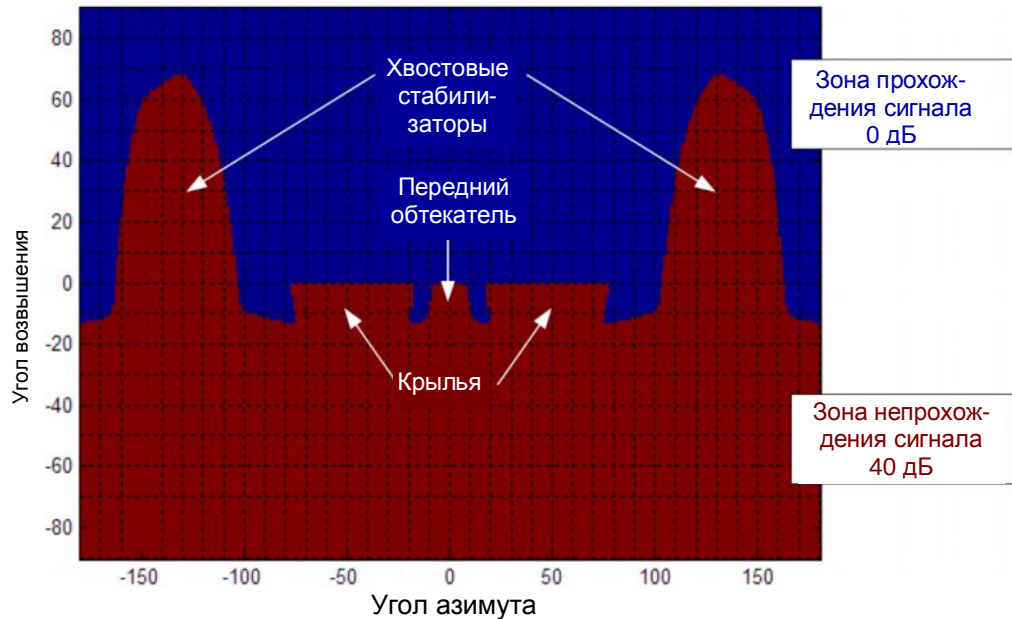
По умолчанию приемник считается изотропным, т.е. приемник принимает спутниковые сигналы и их отражения от земной поверхности со всех направлений. В реальности некоторые из этих сигналов блокируются транспортным средством и не достигают приемника. Например, если приемник размещен на самолете сверху, определенные сигналы, отраженные от земной поверхности, будут блокироваться корпусом самолета.



В генераторе SMBV пользователь может задавать маску корпуса транспортного средства для моделирования затенения, вызванного его корпусом. Доступны различные предварительно заданные маски. Например, предварительная заданная маска корпуса "Jet" (реактивный самолет) использует следующую упрощенную 3D-модель. Передний обтекатель моделируется как плоское вертикальное препятствие. Индицируется положение приемника. Он размещен прямо перед хвостовыми стабилизаторами.



Из этой упрощенной модели реактивного самолета выводится следующая маска корпуса (подробности см. в разделе 4.4).



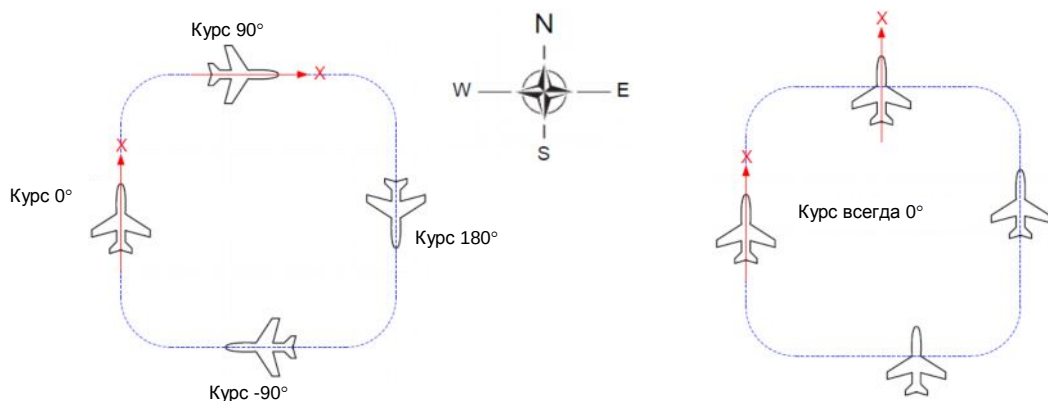
При применении данной маски, корпусом и крыльями самолета блокируются некоторые отраженные от земли сигналы, а также определенные прямые спутниковые сигналы. Отражения сигналов от корпуса самолета не учитываются.

Движущийся приемник (с использованием маски корпуса):

Точное положение движущегося приемника определяется файлом маршрутных точек и файлом маски корпуса. Координаты местоположения (долгота, широта, высота) указаны в файле маршрутных точек относительно центра тяжести транспортного средства COG. Положение приемника определяется как смещение от координат маршрутных точек на соответствующие сдвиги по осям X, Y и Z, указанные в файле маски корпуса.

Может возникнуть следующий вопрос: можно ли реально использовать маску корпуса, если пользователь не может предоставить данных о положении самолета в воздухе, например, информацию о его курсе?

Как было сказано в разделе 4.4, сферическая система координат "азимут-возвышение" антенны приемника фиксирована относительно системы XYZ координат корпуса транспортного средства. В реальном мире, система координат корпуса поворачивается относительно направления на географический север при движении (см. рисунок ниже), также происходит и со сферической системой координат приемной антенны.



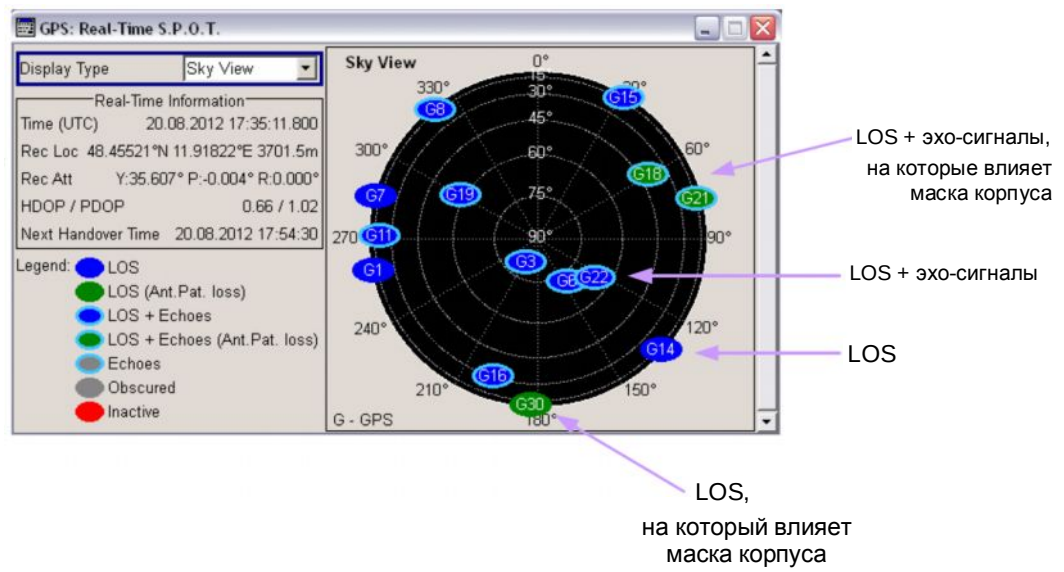
В правой части приведенного выше рисунка показано влияние на систему координат корпуса транспортного средства при недоступности необходимой информации о курсе (курс (Heading) – это угол между направлением на север и осью X системы координат корпуса). Пока маска корпуса не используется, такая ситуация не критична. Однако при применении маски корпуса она становится более важной. Например, вообразим маску корпуса, имеющую одну зону прохождения сигнала, соответствующую большому переднему окну. Без необходимой курсовой информации в показанном выше примере зона прохождения всегда будет направлена на север. Чтобы добиться более реалистичного моделирования, система координат корпуса транспортного средства должна вращаться в соответствии с направлением движения. Это вращение задается параметром курса. Курс (или отклонение от курса, рысканье Yaw) транспортного средства может быть указан в файле маршрутных точек (файл *.xtd – подробности см. в [1]) или в случае, если такая информация о местоположении не может быть предоставлена пользователем, она может быть автоматически выведена по характеру движения.



Если флажок установлен, прибор SMBV автоматически определяет курс транспортного средства по его движению вдоль заданной траектории. Это означает, что ось X системы координат корпуса будет поворачиваться в соответствии с направлением движения, то же самое будет с маской корпуса. Чтобы сохранить простоту объяснения, до этого момента мы использовали лишь понятие курса. Однако тот же самый принцип сохраняется и для других параметров о положении: тангаж/угол тангажа и крен/угол крена (крен/угол крена не могут автоматически выводиться по характеру движения). Обратите внимание, что хотя прибор SMBV обеспечивает средства для автоматического вывода некоторых данных о положении, полностью реалистичного моделирования, например, приземления и специальных боевых маневров можно достичь только с помощью данных о положении, предоставленных пользователем посредством файла маршрутных точек.

Изображение неба (с использованием маски корпуса):

В окне "Sky View" прибора SMBV с изображением неба показано влияние многолучевого распространения и затенения (например, маской корпуса) на эмулируемые спутниковые сигналы в реальном масштабе времени. Сигналы большинства спутников отражаются от земной поверхности и достигают приемника вместе с прямым LOS-сигналом, например, G8, G19, G3 и т.д. на показанном снимке экрана. Некоторые спутники являются видимыми, но не вызывают многолучевых эхо-сигналов, например, G7, G1 и G14. Другие спутники затеняются маской корпуса транспортного средства и их прямые LOS-сигналы не достигают приемника. Они индицируются зеленым цветом, например, G18, G21 и G30. Маска корпуса также блокирует отражения от земной поверхности. Тем не менее, для затененных эхо-сигналов дополнительной индикации на экране не предусмотрено, чтобы не усложнять их цветовое кодирование. Синий (видимый), зеленый (загороженный/ослабленный маской корпуса) и серый (загороженный препятствием) цвета относятся только к сигналу прямой видимости LOS. Существует вероятность, что отраженные от земной поверхности сигналы, особенно сигналы высокорасположенных спутников, достигнут нижней стороны "виртуального" самолета и будут заблокированы (специальная индикация для них не предусмотрена). Даже если прямой LOS-сигнал затеняется маской корпуса, сигнал от спутника все же может достичь приемника путем отражения от земной поверхности, возможные сигналы G18 и G21.



7 Автомобиль: отражения от дорожных обочин и затенение

Реальная ситуация:

Автомобиль движется по дороге в пригородном районе. По одной или по обеим сторонам дороги имеются препятствия в виде зданий, которые затеняют и отражают спутниковые сигналы.

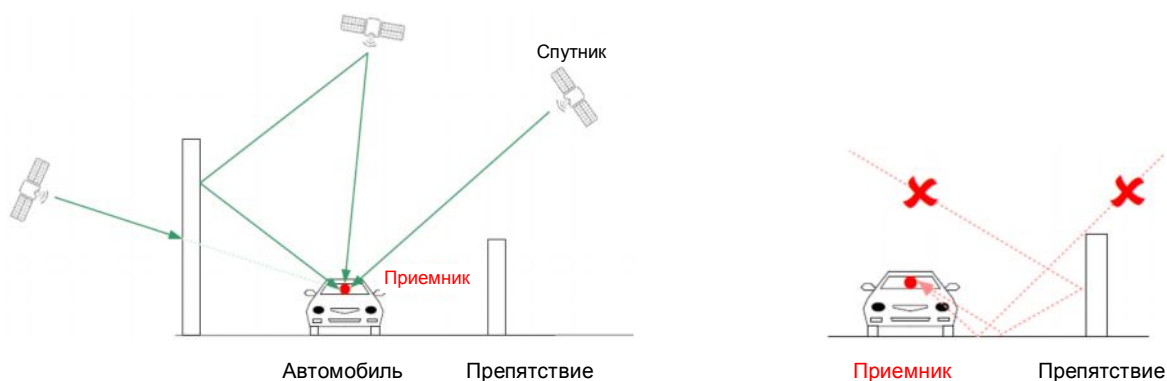
Примером может служить автомобиль, двигающийся по пригороду с плотной застройкой с одной стороны дороги и с менее плотной застройкой по другой.



Сценарий эмуляции:



Препятствия моделируются вертикальными плоскостями вдоль направления движения. Их высота и поперечное расстояние до приемника может задаваться индивидуально для каждой стороны дороги, чтобы походить на окружающую среду. Генератор SMBV эмулирует затенение спутниковых сигналов и их многолучевое распространение из-за препятствий. Отражения от земной поверхности и многократные отражения не моделируются, что показано на следующем рисунке.



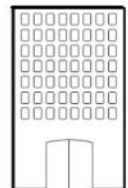
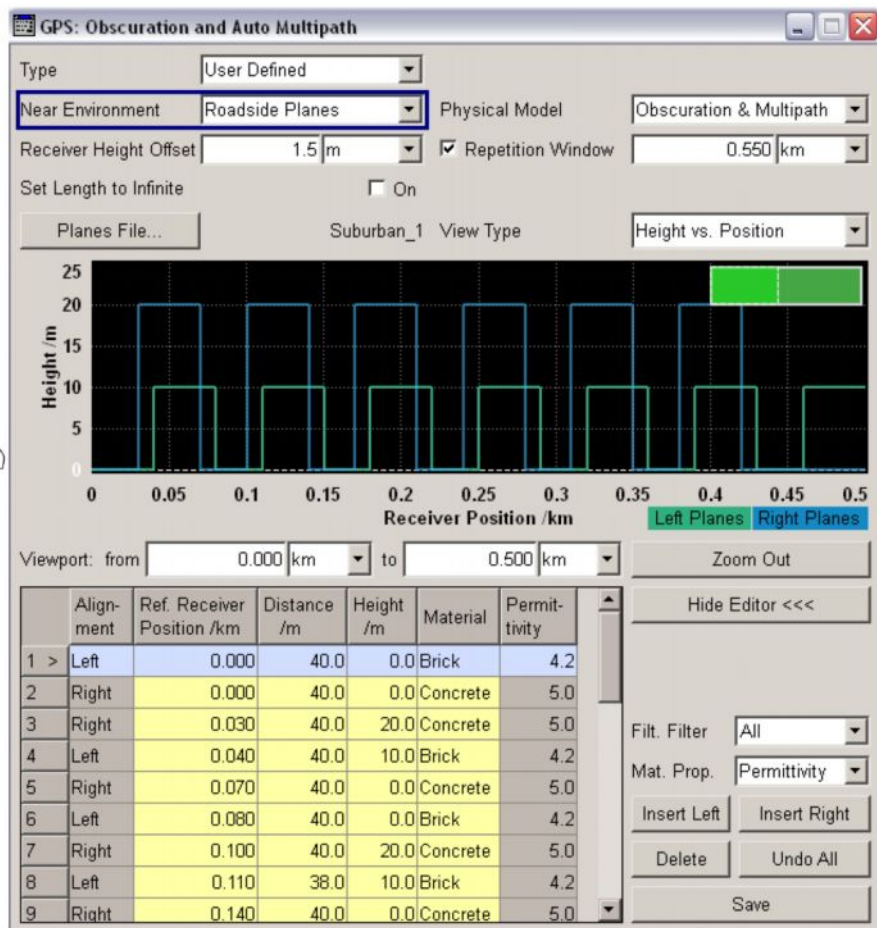
Пользователь может задавать диэлектрическую проницаемость (или ослабление мощности) отражающей поверхности для каждой плоскости по отдельности. Для удобства использования поддерживаются предварительно заданные типы поверхностей, например, бетон. Для них индицируются соответствующие значения диэлектрической проницаемости.

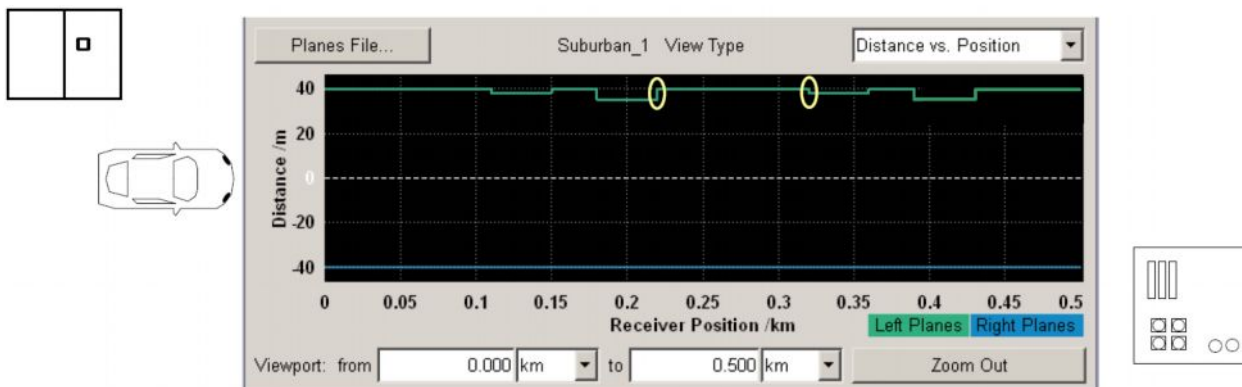
Предварительно заданные типы поверхностей

Дорожные обочины

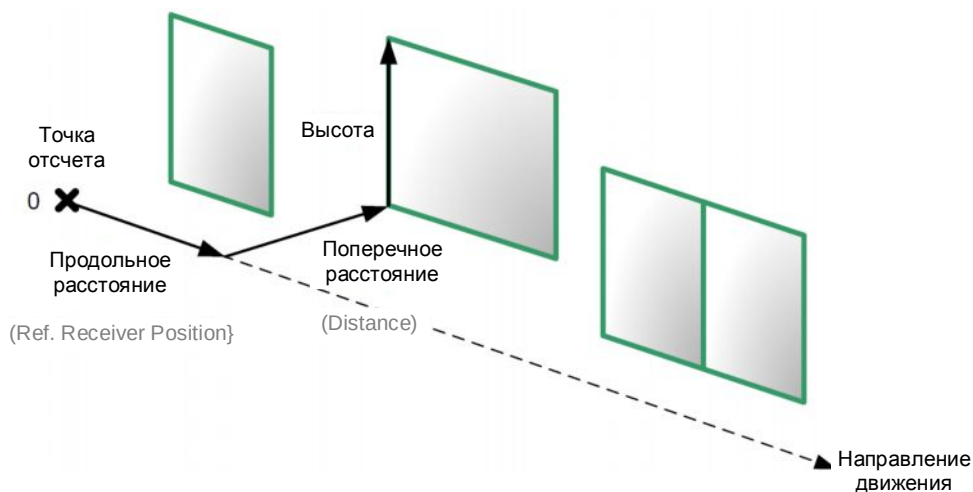
Roadside plane

Тип поверхности	Относительная диэлектрическая проницаемость
Стекло	7,0
Бетон	5,0
Дерево	1,5
Гипс	3,0
Пластик огнеупорный	4,0
Мрамор	12,0
Сухая стена	6,0
Кирпич	4,0



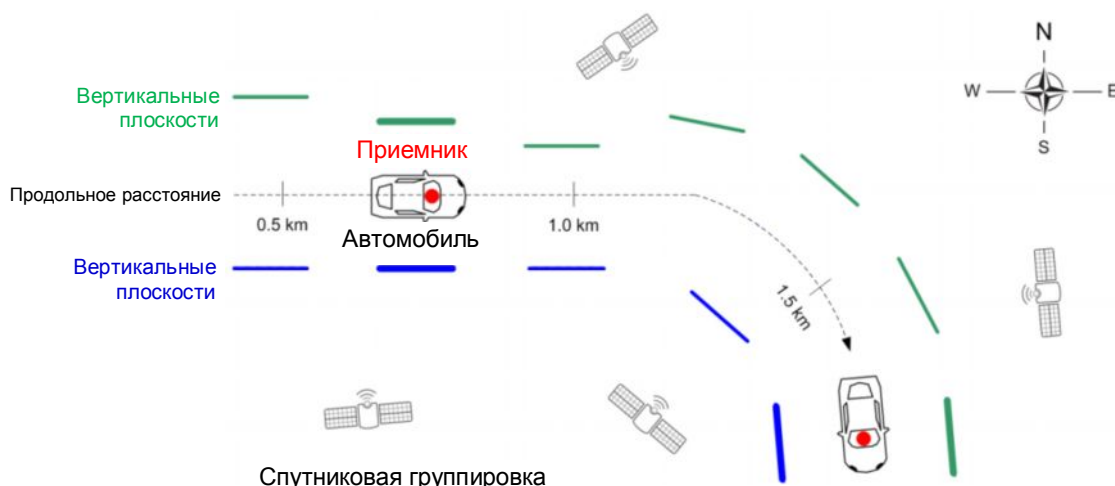


Все вертикальные плоскости параллельны направлению движения. Плоскости, перпендикулярные направлению движения отсутствуют (Перпендикулярные зеленые линии на показанном выше снимке экрана (две линии, выделенные желтыми окружностями) отображены только для ясности). Плоскости задаются своей высотой, поперечным расстоянием до них и продольным расстоянием до опорной точки. Продольное расстояние – это расстояние в направлении движения, поперечное расстояние – это расстояние, перпендикулярное направлению движения. В графическом интерфейсе прибора SMBV продольное расстояние обозначается как "Ref. Receiver Position", а поперечное расстояние – "Distance". Длина (протяженность) плоскости задается неявно: плоскость всегда расширяется до следующей плоскости. Промежутки могут быть реализованы в виде плоскости с нулевой высотой. Плоскости могут быть заданы по обеим сторонам (слева и справа) дороги относительно направления движения.

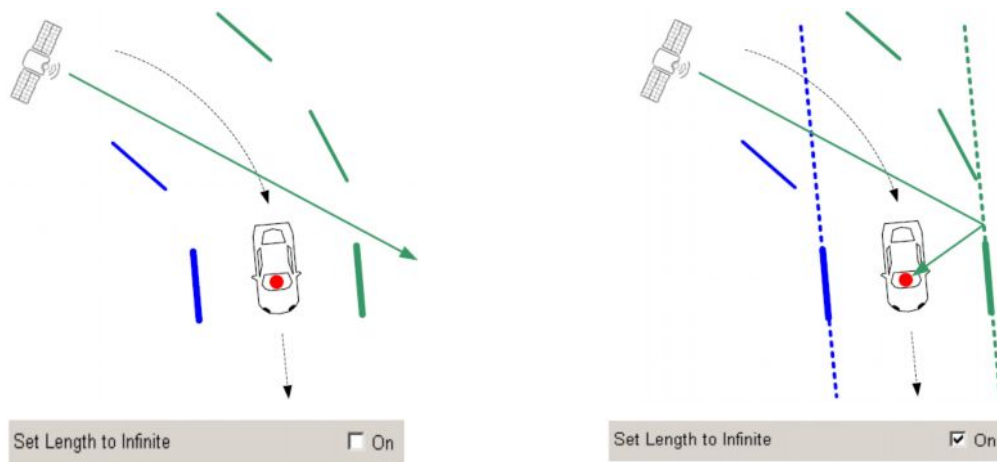


Движущийся приемник:

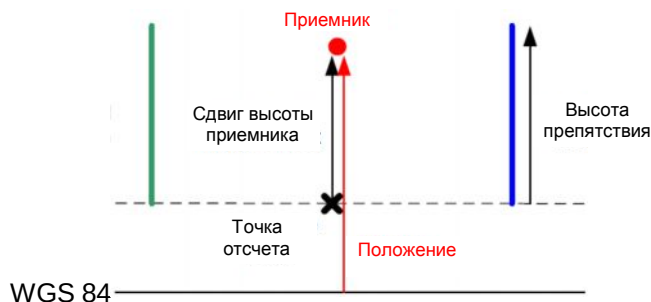
Положение приемника задается файлом маршрутных точек. Первая точка маршрута в файле интерпретируется как точка отсчета. При движении приемника по заданной траектории прибор SMBV автоматически вычисляет и отслеживает виртуально пройденное расстояние (продольное расстояние), так как текущее продольное расстояние определяет, какое препятствие (из пары слева/справа) будет моделироваться. При моделировании учитываются только пары вертикальных препятствий с левой и с правой сторон от приемника. Прочие, заданные в текущей точке маршрута плоскости, не учитываются. При движении приемника вертикальные плоскости меняются в зависимости от пройденного пути согласно настройкам таблицы "Obstacles Configuration" (конфигурация препятствий). Таким образом, моделируемые препятствия меняют такие свои характеристики как высота и (поперечное) расстояние. Ориентация препятствий не фиксируется относительно направления на север, но "следует" траектории движения приемника.



В каждой точке маршрута, в моделировании участвуют только две плоскости, которые в данный момент находятся слева и справа от приемника. Тем не менее, имеется две возможности: две плоскости могут иметь указанную длину или же в этот момент они полагаются бесконечными. Глобальный параметр "Set Length to Infinite" (установить бесконечную длину) определяет, какая из двух возможностей используется при моделировании.

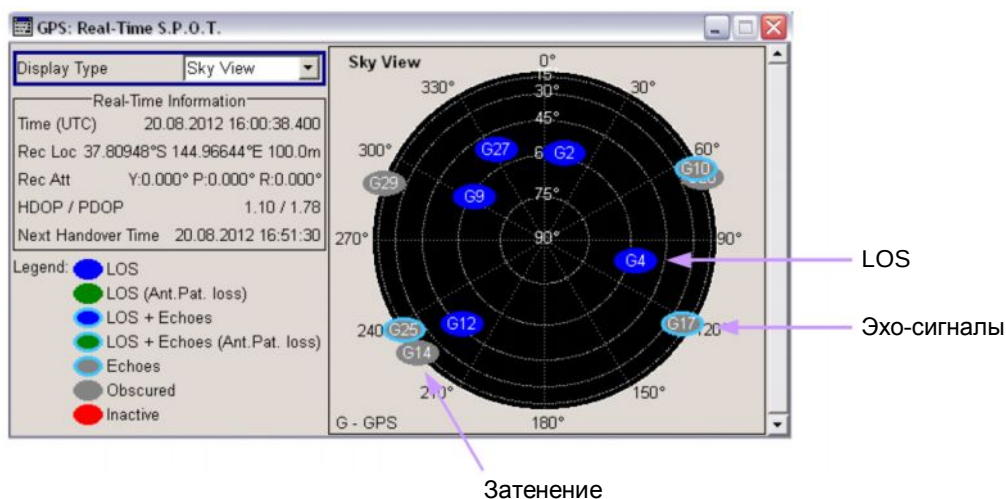


Координаты положения (долгота, широта, высота) движущегося приемника задаются файлом маршрутных точек. Первая маршрутная точка в файле влияет на координаты точки отсчета: если параметр "Receiver Height Offset" (сдвиг высоты приемника) нулевой, точка отсчета имеет те же координаты, что и первая точка в файле. Если пользователь установит параметр "Receiver Height Offset" на ненулевое значение, будет сохраняться следующее соотношение: положение точки отсчета = высота приемника (первая маршрутная точка) – сдвиг высоты приемника. Имейте в виду, что координата высоты, заданная в файле маршрутных точек, всегда задается относительно положения приемника. Следовательно, параметр "Receiver Height Offset" не влияет на положение приемника, он влияет на абсолютное положение точки отсчета.



Изображение неба:

В окне "Sky View" прибора SMBV с изображением неба показано влияние многолучевого распространения и затенения на эмулируемые спутниковые сигналы в реальном масштабе времени. Некоторые спутники, особенно, с низкими углами возвышения, скрываются за вертикальными плоскостями и их сигналы прямой видимости (LOS) не достигают приемника. Они индицируются как затененные спутники, например, спутники G29, G14, G25 и т.д. на показанном снимке экрана. Даже если прямой LOS-сигнал затеняется, сигнал от спутника все же может достигнуть приемника путем отражения от земной поверхности. Такие многолучевые эхо-сигналы индицируются как эхо-сигналы без соответствующего LOS-сигнала, например, G25, G10 и G17.

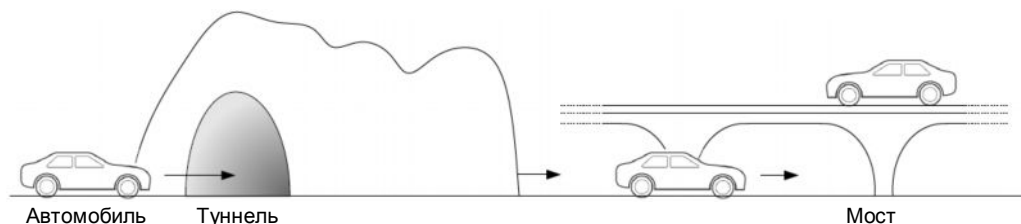


8 Автомобиль: полное затенение

8.1 Мосты и туннели

Реальная ситуация:

Автомобиль движется через туннель и/или проходит под мостами, которые полностью затевают спутниковые сигналы на определенное расстояние или на определенный период времени.

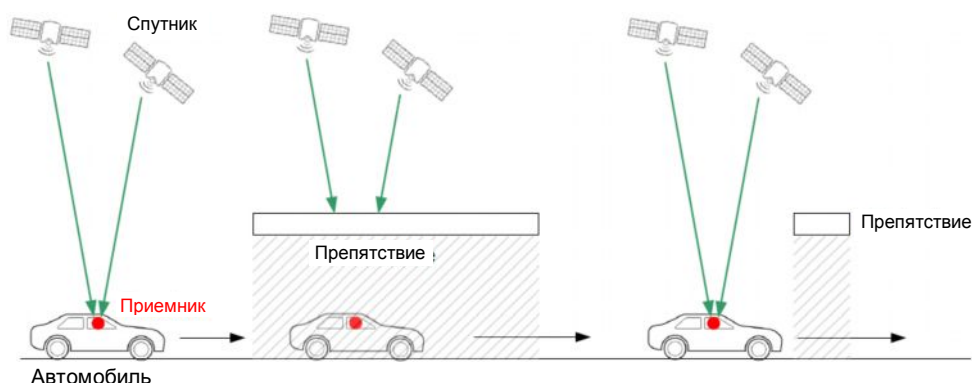


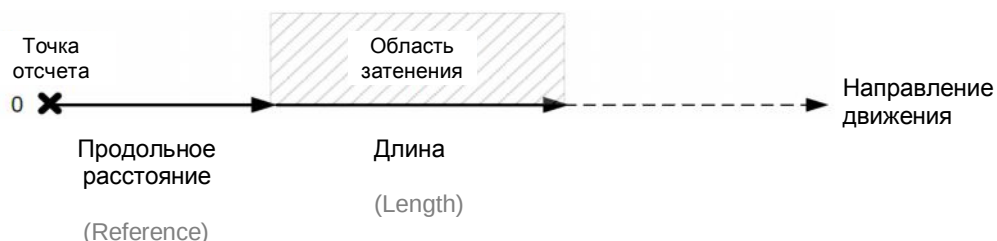
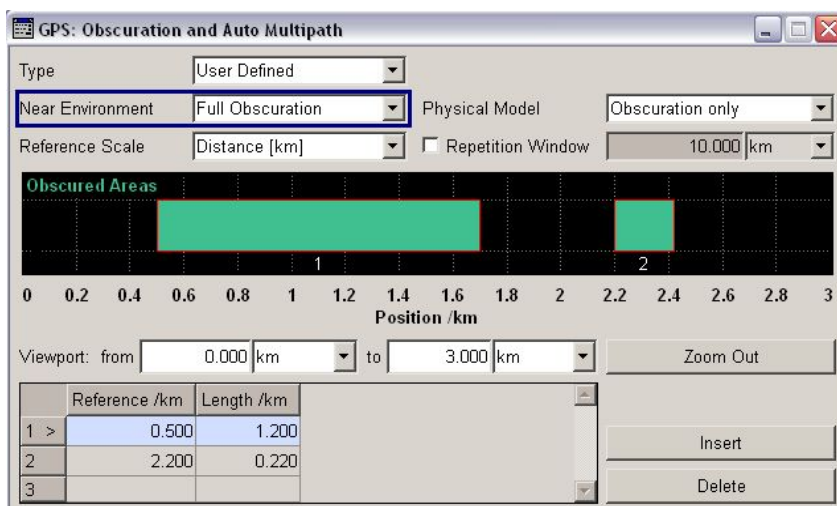
Сценарий эмуляции:



Такие препятствия, как туннели и мосты, моделируются областями с полным затенением. За пределами этих областей прием спутниковых сигналов полностью устойчив. Внутри этих областей спутниковые сигналы полностью блокируются, т.е. генератор SMBV эмулирует их полное затенение. В этом случае приемник не принимает никаких сигналов. Отражения любого вида не моделируются. Этот сценарий эмуляции может использоваться для тестирования характеристики повторного захвата сигналов.

Пользователь может задавать области затенения в единицах расстояния (км) или в единицах времени (с). Для туннелей и мостов наиболее подходящим является расстояние. Области задаются своими длинами (протяженностью) и продольными расстояниями от точки отсчета. Продольное расстояние – это расстояние вдоль направления движения. В графическом интерфейсе пользователя прибора SMBV продольное расстояние обозначается как отсчетное значение "Reference".



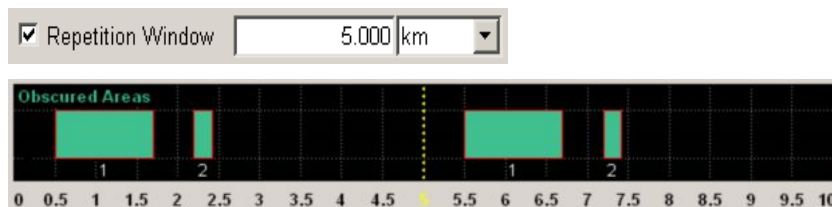


Движущийся приемник:

Положение приемника задается файлом маршрутных точек. Первая точка маршрута в файле интерпретируется как точка отсчета. При движении приемника по заданной траектории прибор SMBV автоматически вычисляет и отслеживает виртуально пройденное расстояние (продольное расстояние). В зависимости от текущего продольного расстояния эмулируется либо полная видимость, либо полное затенение, в соответствии с настройками из таблицы "Full Obscuration Configuration" (конфигурация полного затенения). Области затенения не имеют фиксированной ориентации, они "следуют" траектории движения приемника.

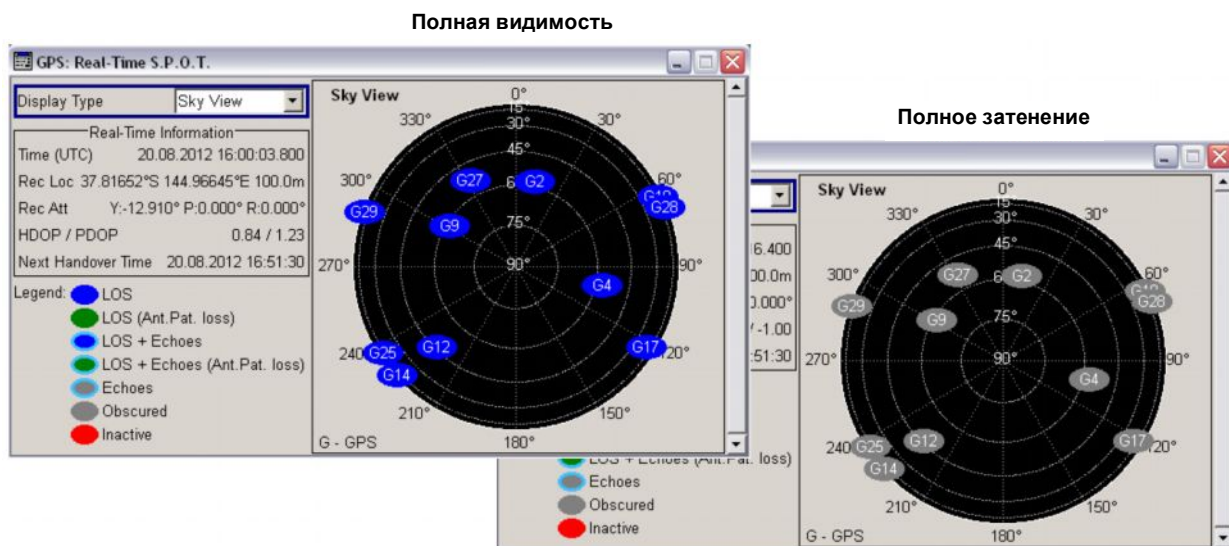


Заданная последовательность областей затенения (двух областей, как показано в примере выше) может повторяться непрерывно. Таким образом, достаточно сделать всего несколько записей в таблицу "Full Obscuration Configuration", чтобы смоделировать непрерывный ряд областей затенения. При этом можно задать величину окна повторения (Repetition Window).



Изображение неба:

В окне "Sky View" прибора SMBV с изображением неба показано влияние полного затенения на эмулируемые спутниковые сигналы в реальном масштабе времени. В областях без затенения видны все спутники. В областях с полным затенением все спутники закрыты и не видны для приемника.



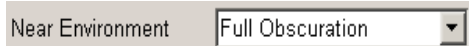
8.2 Парковка

Реальная ситуация:

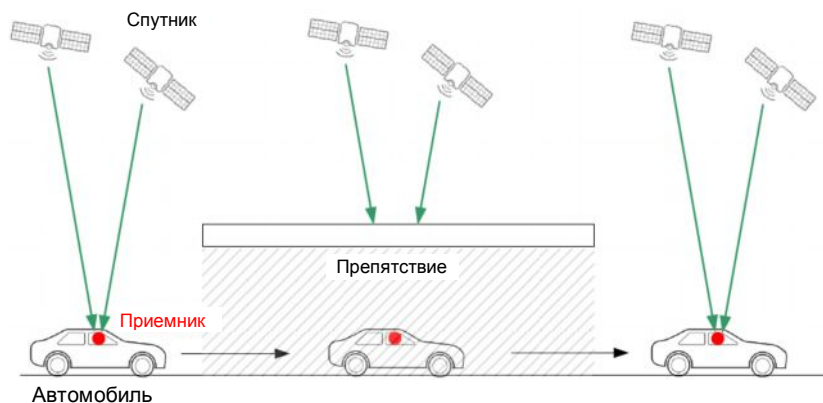
Автомобиль въезжает на многоуровневую парковку и паркуется на ней на заданный период времени, например, на один час. На время стоянки спутниковые сигналы полностью затеняются.



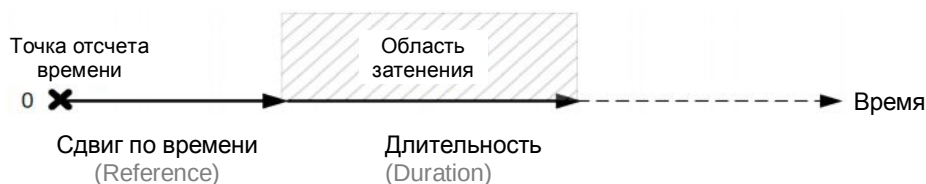
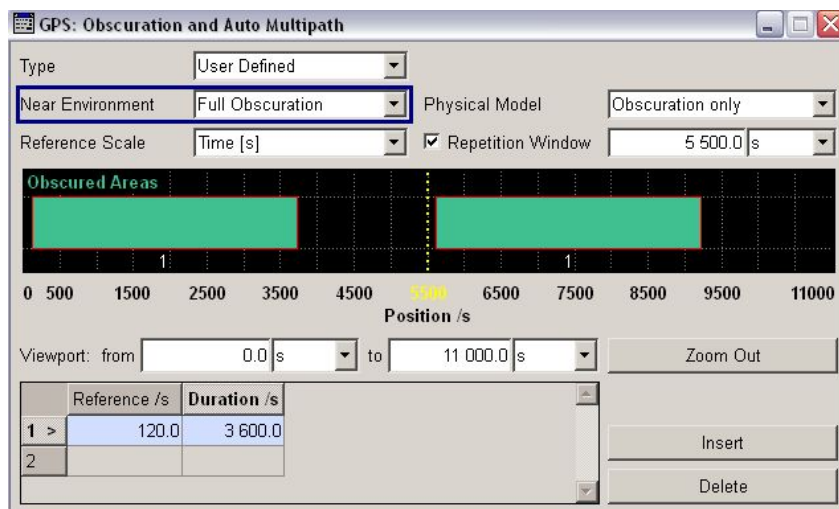
Сценарий эмуляции:



Так же как туннели и мосты, многоуровневые парковки моделируются областями с полным затенением. За пределами этих областей сигналы полностью видны приемнику. Внутри этих областей спутниковые сигналы полностью блокируются, т.е. генератор SMBV эмулирует их полное затенение. В этом случае приемник не принимает никаких сигналов. Отражения любого вида не моделируются. Этот сценарий эмуляции может использоваться для тестирования характеристики повторного захвата сигналов.



Пользователь может задавать области затенения в единицах расстояния (км) или в единицах времени (с). Для парковок наиболее подходящим является время. Области (т.е. периоды полного затенения) задаются своей длительностью и временным сдвигом от точки отсчета времени. В графическом интерфейсе пользователя прибора SMBV продольное расстояние обозначается как отсчетное значение "Reference".



Заданная последовательность периодов затенения (только одного, как показано в примере выше) может повторяться непрерывно. Таким образом, достаточно сделать всего одну запись в таблицу "Full Obscuration Configuration" (конфигурация полного затенения), чтобы смоделировать непрерывный ряд периодов затенения. При этом можно задать величину окна повторения (в примере: 5500 с).

Движущийся приемник:

Положение приемника задается файлом маршрутных точек. Начальное время эмуляции интерпретируется как точка отсчета времени. При движении приемника по заданной траектории прибор SMBV автоматически отслеживает истекшее время (сдвиг от начального времени). В зависимости от текущего значения истекшего времени эмулируется либо полная видимость, либо полное затенение, в соответствии с настройками из таблицы "Full Obscuration Configuration". Стоянка, т.е. остановка в фиксированном месте, может быть реализована в файле маршрутных точек путем повторения тех же координат, строка за строкой, в течение требуемого периода времени. Прибор SMBV содержит подходящие файлы маршрутных точек с предварительно заданными сценариями парковки, например, "Scen_Parking_1min".

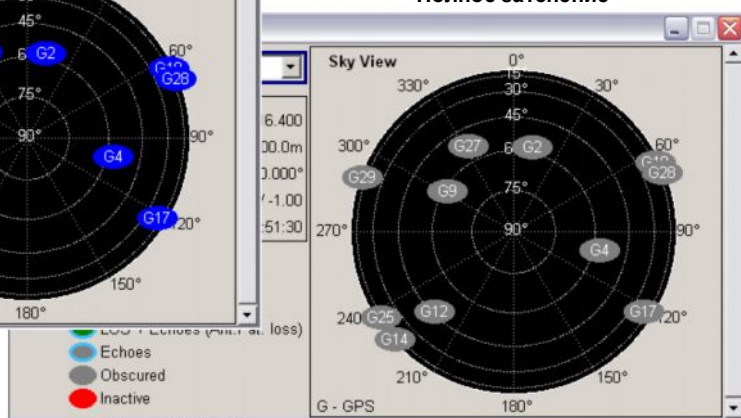
Изображение неба:

В окне "Sky View" прибора SMBV с изображением неба показано влияние полного затенения на эмулируемые спутниковые сигналы в реальном масштабе времени. В областях/периодах без затенения видны все спутники. В областях/периодах с полным затенением все спутники закрыты и не видны для приемника.

Полная видимость



Полное затенение

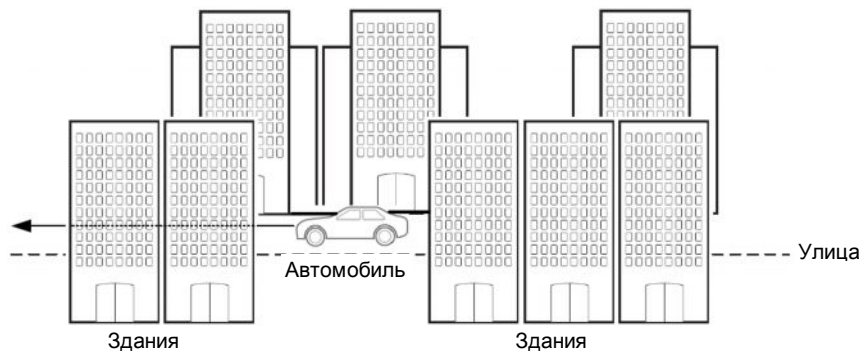


9 Автомобиль: отражения и затенение от стационарных препятствий

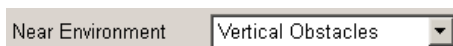
Реальная ситуация:

Автомобиль движется по улице в пригородном или городском районе. Вдоль улицы имеются препятствия, например, здания, которые затеняют и отражают спутниковые сигналы.

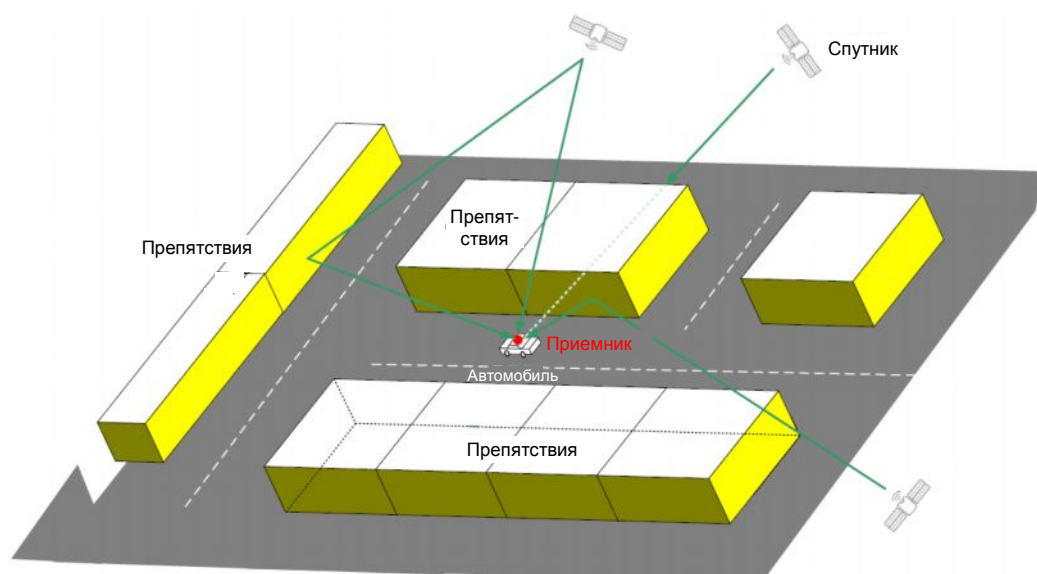
Примером может служить автомобиль, двигающийся по уличному "ущелью" города с плотной застройкой высокими зданиями.



Сценарий эмуляции:

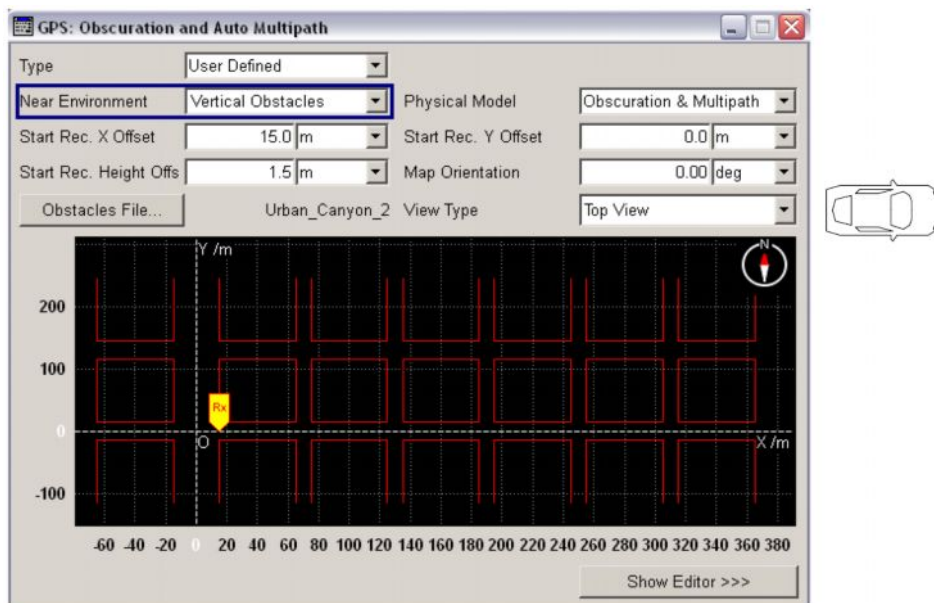


Препятствия моделируются вертикальными плоскостями, которые размещены на карте в фиксированной геометрической позиции. Плоскости могут быть размещены таким образом, чтобы отображать расположение зданий. Имейте в виду, что эти здания имеют фиксированное расположение на карте, т.е. они стационарны. Статический приемник должен располагаться относительно препятствий в осмысленном положении, например, на улице между двумя зданиями (а не внутри здания). Движущийся приемник должен перемещаться по траектории, которая совпадает с заданной геометрией препятствий, т.е. двигаться по улицам и не пересекать блоки зданий. Как правило, о выполнении этих требований заботится пользователь. Тем не менее, прибор SMBV содержит подходящие файлы маршрутных точек для предварительно заданных сценариев "City Block" и "Urban Canyon". Преимуществом стационарного размещения препятствий является то, что прибор SMBV может эмулировать затенение и многолучевое распространение по всем направлениям – не только с левой и правой сторон, но и спереди и сзади. При этом отражения от земной поверхности и многократные отражения не моделируются.



Пользователь может задавать диэлектрическую проницаемость (или ослабление мощности) отражающей поверхности для каждой плоскости по отдельности. Для удобства использования поддерживаются предварительно заданные типы поверхностей, например, стекло и бетон. Для них индицируются соответствующие значения диэлектрической проницаемости.

Предварительно заданные типы поверхностей	
Вертикальные препятствия Vertical Obstacles	
Тип поверхности	Относительная диэлектрическая проницаемость
Стекло	7,0
Бетон	5,0
Дерево	1,5
Гипс	3,0
Пластик огнеупорный	4,0
Мрамор	12,0
Сухая стена	6,0
Кирпич	4,0



Каждая вертикальная плоскость задается своим направлением (параллельно оси X или оси Y), координатами X-Y, длиной и высотой. (Начальное) положение приемника относительно вертикальных плоскостей задается смещениями: координатами X-Y и высотой. В настоящих указаниях по применению оно обозначается как "Rx position".

	Direction	1st Edge X-Coord /m	1st Edge Y-Coord /m	Length /m	Height /m	Material	Permittivity	
1	> OX	-65.0	15.0	50.0	30.0	Glass	7.0	
2	OX	-65.0	145.0	50.0	30.0	Glass	7.0	
3	OX	-65.0	115.0	50.0	30.0	Glass	7.0	
4	OX	-65.0	-15.0	50.0	30.0	Glass	7.0	
5	OY	-65.0	145.0	100.0	30.0	Glass	7.0	
6	OY	-65.0	15.0	100.0	30.0	Glass	7.0	
7	OY	-65.0	-115.0	100.0	30.0	Glass	7.0	
8	OY	-15.0	15.0	100.0	30.0	Glass	7.0	

Hide Editor <<<

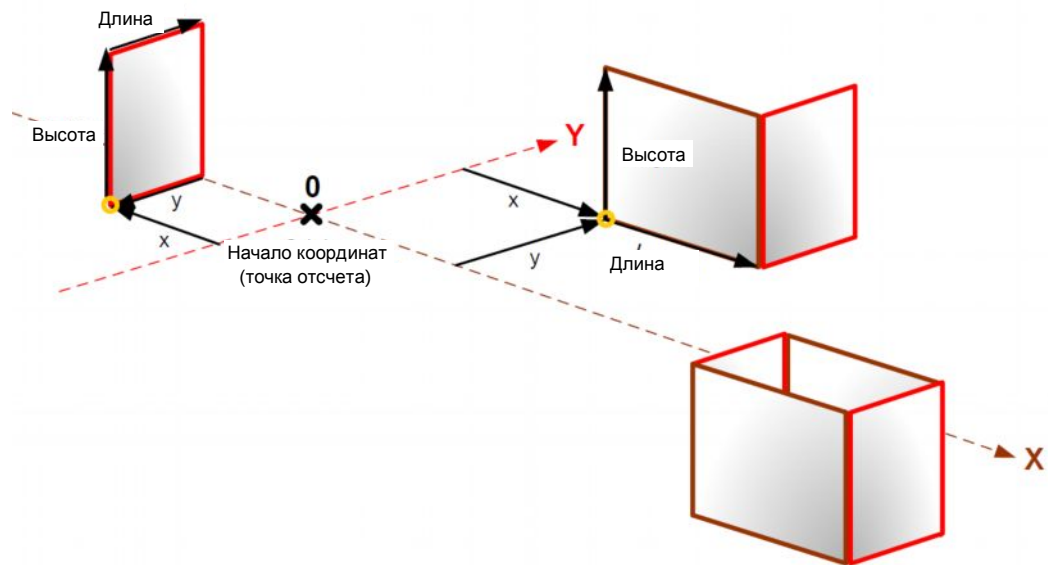
Dir. Filter: All

Mat. Prop.: Permittivity

Insert

Delete Undo All

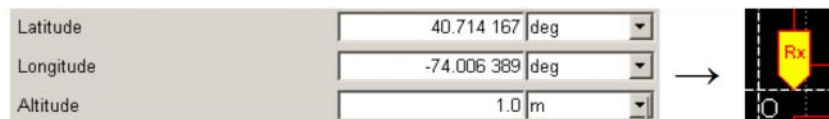
Save



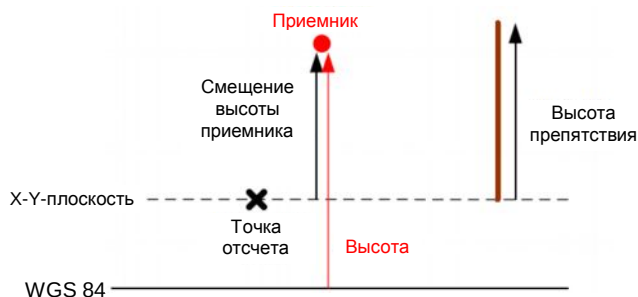
По умолчанию, направление оси X совпадает с направлением на восток. Пользователь может изменить ориентацию заданных препятствий относительно географического направления путем установки параметра "Map Orientation" (Ориентация карты). Ориентация карты влияет на то, какие спутники небесной группировки будут затеняться вертикальными препятствиями. Значение 90° поворачивает карту таким образом, что направление оси X будет совпадать с направлением на север.

Статичный приемник:

Координатное положение статичного приемника задается фиксированными значениями широты, долготы и высоты. Это положение интерпретируется как положение приемника "Rx position".



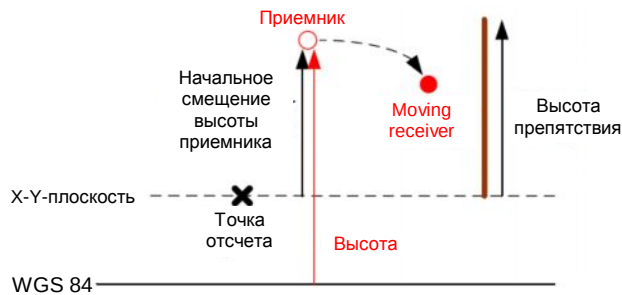
Пользователь может смещать приемник с плоскости X-Y с помощью параметра "Receiver Height Offset" (смещение высоты приемника). Имейте в виду, что указанная координата высоты расположения продолжает задаваться относительно положения приемника. Параметр "Receiver Height Offset" не влияет на местоположение приемника – он влияет на положение плоскости X-Y относительно приемника.



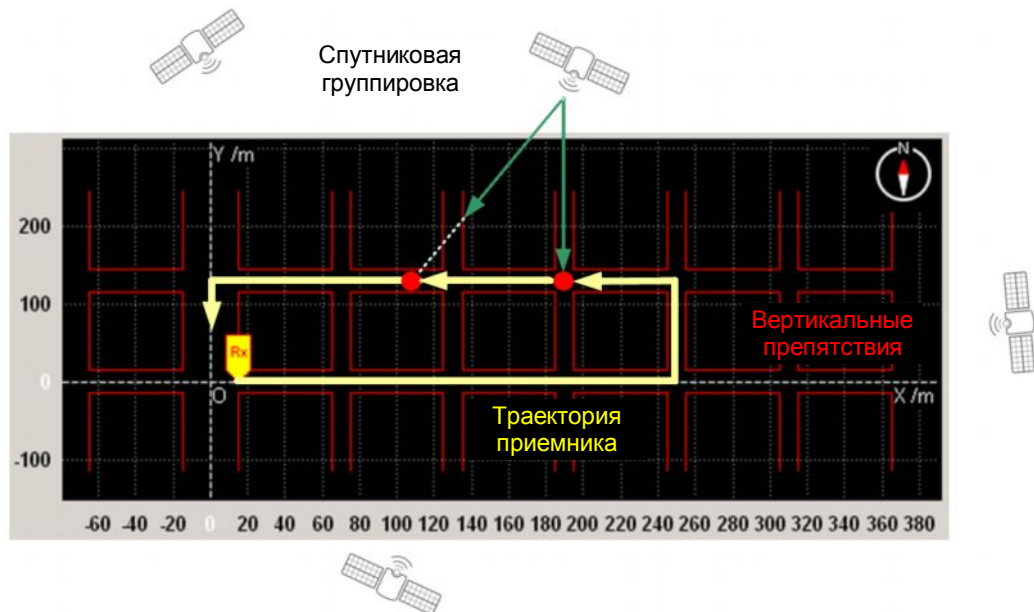
Все указанные препятствия учитываются при моделировании, независимо от их ориентации относительно приемника. Следовательно приемник подвергается затенению и принимает отраженные сигналы со всех сторон.

Движущийся приемник:

Координатное положение движущегося приемника (долгота, широта, высота) задается файлом маршрутных точек. Первая маршрутная точка в файле интерпретируется как положение приемника "Rx position". Пользователь может сдвинуть положение "Rx position" от плоскости X-Y с помощью параметра "Start Rec. Height Offs" (начальное смещение высоты приемника). Имейте в виду, что указанная в файле координата высоты расположения всегда задается относительно положения приемника. Следовательно, параметр "Start Rec. Height Offs" не влияет на положение приемника – он влияет на положение плоскости X-Y относительно положения приемника "Rx position".

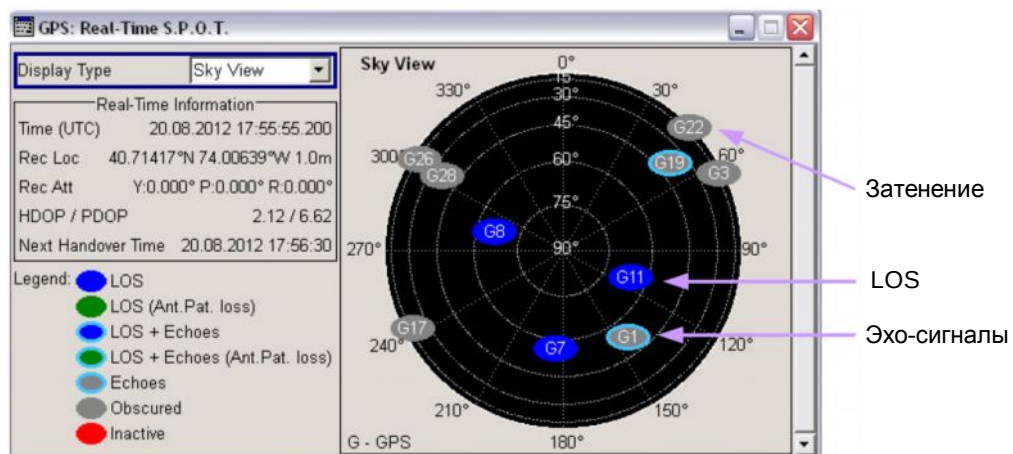


При движении приемника по заданной траектории все указанные препятствия, независимо от их ориентации, учитываются при моделировании. Приемник подвергается затенению и принимает отраженные сигналы со всех сторон. Затенение и многолучевой прием будет варьироваться во времени при движении приемника через стационарные препятствия. Ориентация препятствий фиксирована относительно географического направления. Поэтому требуется, чтобы траектория приемника совпадала с указанным расположением препятствий и он двигался по улицам, а не пересекал блоки зданий. Прибор SMBV содержит подходящие файлы маршрутных точек с предварительно заданными сценариями городского квартала "City Block" и городского ущелья "Urban Canyon": "Scen_City_Block" и "Scen_Urban_Canyon_1", соответственно. Способ создания таких файлов описан в разделе 9.1.



Изображение неба:

В окне "Sky View" прибора SMBV с изображением неба показано влияние полного затенения на эмулируемые спутниковые сигналы в реальном масштабе времени. Некоторые спутники, особенно, с низкими углами возвышения, скрываются за препятствиями и их сигналы прямой видимости (LOS) не достигают приемника. Они индицируются как затененные спутники, например, спутники G26, G28, G17 и т.д. на показанном снимке экрана. Даже если прямой LOS-сигнал затеняется, сигнал от спутника все же может достичь приемника посредством отражений. Такие многолучевые эхо-сигналы индицируются как эхо-сигналы без соответствующего LOS-сигнала, например, G19 и G1. Высоко расположенные спутники, как правило не затеняются и их LOS-сигналы достигают приемника, например, G8 и G11.



9.1 Создание файлов траекторий для модели эмуляции вертикальных препятствий "Vertical Obstacles"

Поскольку препятствия являются стационарными и имеют фиксированную ориентацию относительно географического направления, траектория движущегося приемника должна совпадать с расположением препятствий для того, чтобы он двигался по улицам и не пересекал блоки зданий. В данном разделе описан один из возможных способов создания подходящих файлов траекторий для сценариев, в которых используется модель эмуляции вертикальных препятствий.

Как правило, файл траектории имеет следующий формат:

- (классический) файл маршрутных точек
- файл сценария
- файл данных NMEA
- файл данных KML
- файл описания траектории (может включать данные о скорости и высоте)

Подробное описание других форматов файлов см. в [1].

Далее, в данном разделе основное внимание уделяется формату файла сценария, так как данный формат хорошо подходит для удобного создания геометрических траекторий в виде прямоугольников и многоугольников. Такого рода прямоугольные траектории хорошо совпадают с перекрестками/развязками на карте препятствий.

Файл сценария:

Файл сценария представляет собой текстовый файл (.txt), который содержит набор команд:

- REFERENCE: долгота [°], широта [°], высота [м] (отн. эллипсоида WGS84)
- START: восток [м], север [м], верх [м], скорость [м/с]
- ARC: центр-восток [м], центр-север [м], угол [°]
- LINE: расстояние-восток [м], расстояние-север [м], ускорение [м/с²]
- STAY: время [мс]

Команда REFERENCE устанавливает положение точки отсчета. Команда START устанавливает начальное положение относительно точки отсчета с помощью координат East (восток), North (север), Up (верх) (ENU-координат). Она также устанавливает начальную скорость. Команда ARC формирует движение с постоянной скоростью по дуге окружности на плоскости. Координаты центра дуги должны быть указаны относительно точки отсчета. Знак указанного угла определяет направление вращения; положительные углы соответствуют вращению против часовой стрелки, а отрицательные углы – вращению по часовой стрелке. Команда LINE формирует движение по линии на плоскости. Движение может осуществляться с постоянным ускорением/замедлением. Команда STAY вызывает прекращение движения на указанный период времени. Полное описание команд и их синтаксиса приведено в [1].

Пример файла:

```
***** MOVEMENT FILE *****
%% Это комментарий. Строка, приведенная выше, должна быть
%% ОБЯЗАТЕЛЬНО указана как первая строка в файле. Если этой
%% строки нет, прибор SMBV будет интерпретировать этот файл
%% сценария как классический файл маршрутных точек,
%% что приведет к появлению ошибок.
%%
%% Установка точки отсчета
REFERENCE: 144.96667, -7.8166633, 100
%% Установка начального положения (здесь совпадает с точкой
%% отсчета) и начальной скорости
START: 0, 0, 0, 6.9444
%% Стоянка в начальном положении в течение 1000 мс
STAY: 1000
%% Движение на север 400 м с постоянной скоростью
LINE: 0, 400, 0
%% Поворот на 90 градусов вправо по кривой малого радиуса
ARC: 0, 380, -90
%% Движение на восток 1000 м с постоянным ускорением
LINE: 1000, 0, 0.55
%% Продолжение движения на восток 100 м с постоянным замедлением
LINE: 100, 0, -0.25
...
...
```

Командные строки в файле обрабатываются последовательно. От команды к команде, конечное положение предыдущей команды используется как начальное положение для следующей команды, так что создается непрерывная траектория. То же самое относится к скорости; скорость в конечной позиции используется как начальная скорость для следующей команды.

Имейте в виду: для поворота налево или направо рекомендуется использовать команду ARC. Использование только последовательности команд LINE (без включения между ними команд ARC) приведет к созданию многоугольника с острыми краями. Получающиеся в результате резкие изменения траектории не могут быть обработаны большинством приемников. В случае, если траектория имеет такие острые края, прибор SMBV обеспечивает возможность сглаживания движения приемника, решая данную проблему. Подробности см. в [1].

Smooth Movement

☒ On

10 Заключение

Генератор SMBV представляет собой универсальный векторный генератор сигналов общего назначения с выдающимися радиотехническими характеристиками. Он способен генерировать сигналы всех основных стандартов связи и радиостандартов, а также сигналов ГНСС для таких навигационных систем, как GPS, Galileo и ГЛОНАСС. Генератор SMBV эмулирует до 24 спутников в реальном масштабе времени для проведения адаптивных, надежных и экономически выгодных испытаний приемников ГНСС.

Генератор SMBV поддерживает испытание приемников в реалистичных условиях за счет реализации таких функций, как эмуляция высоты положения транспортного средства, моделирование диаграммы направленности антенны, эмуляция поворачивающихся транспортных средств, расширенная эмуляция затенения, а также ручная и автоматическая генерация многолучевых сигналов. В данных указаниях по применению особое внимание уделено моделированию затенений и эмуляции автоматического многолучевого распространения сигналов.

Генератор SMBV охватывает множество сценариев применения как с предварительно заданными, так и с пользовательскими настройками. Например, приемники, принимающие отражения от водной/земной поверхности и испытывающие затенение в окружающей природной среде, приемники, испытывающие затенение маской корпуса транспортного средства, приемники, испытывающие полное затенение спутниковых сигналов мостами, туннелями и многоуровневыми парковками, приемники, испытывающие затенение и принимающие многолучевые отражения от препятствий вдоль пути следования или от окружающих городских препятствий (дома, небоскребы), лишь некоторые из них. Для каждого сценария прибор SMBV автоматически эмулирует затенение и многолучевое распространение на основе спутниковой группировки, положении приемника и положении препятствия. Для расчета мощности эхо-сигналов учитываются даже различные материалы поверхности.

Для облегчения работы предусмотрены различные предустановки: предварительно заданные сценарии, файлы маршрутных точек и маски корпусов. В результате, испытание приемника ГНСС с помощью генератора SMBV выполняется легко и быстро.

В данном документе также введены некоторые фундаментальные понятия о функциях затенения и автоматический многолучевости прибора SMBV. Представлены разнообразные сценарии, которые позволяют получить представление о возможностях прибора и объяснить различные характеристики каждого сценария.

11 Используемые сокращения

3D	Трёхмерный
COG	Центр тяжести
DOP	Показатель снижения точности
ENU	Система восток-север-верх
Galileo	Галилео (глобальная навигационная спутниковая система Европейского Союза)
GPS	Глобальная система позиционирования (США)
GUI	Графический интерфейс пользователя
HIL	Программно-аппаратное моделирование
KML	Язык разметки Keyhole
LOS	Линия прямой видимости
NMEA	Национальная ассоциация морской электроники
WGS 84	Всемирная геодезическая система координат 1984
ВЧ (RF)	Высокая частота, радиочастота
ГЛОНАСС(Glonass)	Глобальная Навигационная Спутниковая Система Российской Федерации)
ГНСС (GNSS)	Глобальная навигационная спутниковая система (общее название для всех спутниковых навигационных систем)

12 Библиография

- [1] Rohde & Schwarz, "Цифровые стандарты спутниковой навигации для генератора R&S® SMBV100A и ПО R&S® WiniQSIM2" (Руководство по эксплуатации)
- [2] Rohde & Schwarz, "Эмулятор ГНСС в векторном генераторе сигналов R&S® SMBV100A" (Брошюра с описанием изделия)
- [3] Rohde & Schwarz, "Испытание приемников GPS, ГЛОНАСС, Galileo с помощью эмуляции сигналов ГНСС" (Указания по применению 1GP86)
- [4] Rohde & Schwarz, "Эмулятор ГНСС в векторном генераторе сигналов R&S® SMBV100A" (Технические характеристики)

13 Информация для заказа

Для получения исчерпывающей информации для заказа посетите веб-сайт изделия R&S® SMBV100A (раздел ("Options")) по адресу www.rohde-schwarz.com.

О компании Rohde & Schwarz

Rohde & Schwarz представляет собой независимую группу компаний, специализирующуюся на производстве электронного оборудования. Rohde & Schwarz является ведущим поставщиком контрольно-измерительных систем и приборов, оборудования для теле- и радиовещания, систем радиомониторинга и радиопеленгации, а также систем профессиональной радиосвязи специального назначения. Rohde & Schwarz успешно работает уже 75 лет, представительства и сервисные центры компании находятся в более чем 70 странах. Головной офис компании расположен в Мюнхене, Германия.

Обязательства по охране окружающей среды

- Энергосберегающие изделия
- Постоянное улучшение экологической устойчивости
- Сертифицированная система экологического менеджмента ISO 14001



Контакты в регионах

Европа, Африка, Ближний Восток

+49 89 4129 12345

customersupport@rohde-schwarz.com

Северная Америка

1-888-TEST-RSA (1-888-837-8772)

customer.support@rsa.rohde-schwarz.com

Латинская Америка

+1-410-910-7988

customersupport.la@rohde-schwarz.com

Азия/Тихий океан

+65 65 13 04 88

customersupport.asia@rohde-schwarz.com

Китай

+86-800-810-8228 / +86-400-650-5896

customersupport.china@rohde-schwarz.com

Данный документ и поставляемые программы могут применяться только при соблюдении условий, изложенных в области загрузки веб-сайта Rohde & Schwarz.

R&S® является зарегистрированным товарным знаком компании Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG. Товарные знаки и торговые марки принадлежат соответствующим владельцам.

Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG

Mühlhofstraße 15 | D - 81671 München

Тел. + 49 89 4129 - 0 | Факс + 49 89 4129 - 13777

www.rohde-schwarz.com