

**MAXNAVI**  
GNSS Defense

**Мониторинг и оценка качества  
Глобальных Спутниковых  
Навигационных Систем  
GPS, GLONASS, GALILEO,  
BEIDOU**

## Содержание

О компании .....	3
Применение решения MaxNavi для мониторинга сигналов ГНСС .....	3
Типовой пример защиты сервера времени от ГНСС атак .....	9
Технические характеристики устройств .....	9
Датчик МаксНави .....	9
Коммутатор МаксНави .....	13
Сплиттер МаксНави .....	15

## О нашей компании:

ООО «МАКСНАВИ» ведет свою деятельность с 2021 года.

Основные направления деятельности:

- Разработка и производство программно-аппаратного комплекса мониторинга качества навигационного поля.
- Защита серверов времени и построение защищенной сети единого времени
- Участие в создании и развитии сетей синхронизации и систем распределения точного времени
- Проведение испытаний и аудитов систем синхронизации и систем единого времени

ООО «МАКСНАВИ» входит в состав группы компаний UNITESS (ведущего в СНГ разработчика решений комплексов автоматизации для измерительных лабораторий). В группе компании UNITESS работает более 50 инженеров и разработчиков.

[www.maxnavi.ru](http://www.maxnavi.ru)  
[info@maxnavi.ru](mailto:info@maxnavi.ru)

## Применение решения MaxNavі для мониторинга сигналов ГНСС

Сейчас сложно назвать индустрию, где прямо или косвенно не применяется спутниковая навигация. ГНСС в том числе используется и для обеспечения критической инфраструктуры точным временем и координатами. Условно области применения ГНСС для критической инфраструктуры можно разделить на два направления:

Точное время, синхронизация	Местоположение
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Биржи и банки, особенно для высокочастотного трейдинга</li> <li>• Одночастотные сети вещания в стандарте DVB-T/T2</li> <li>• Энергосистемы для мониторинга и балансировки мощности</li> <li>• Нефте/газопроводы для учета перекаченных объемов</li> <li>• 5G требует высокой точности фазы PPS</li> <li>• Центры обработки данных для синхронизации баз данных</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Радиотехническое обеспечение полетов</li> <li>• Перевозка опасных грузов</li> <li>• Авто-ведение поездов</li> <li>• Геодезия и картография</li> </ul>

На точность и качество работы ГНСС влияет множество факторов:





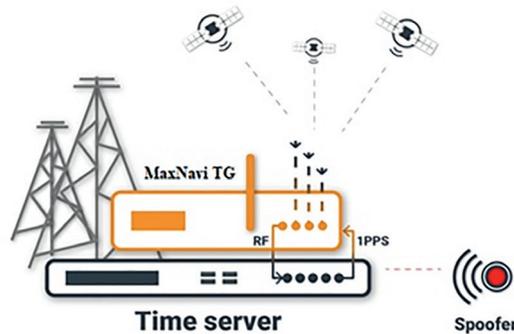
На качество сигналов ГНСС влияют: переотражение сигналов от различных препятствий, помехи от систем связи, эфирного телевидения. В густонаселенных городах, где особенно много систем, требующих точную синхронизацию, не всегда получается установить антенну ГНСС высоко над зданиями, деревьями, рекламными щитами, строительными кранами, что вызывает значительное падение точности определения времени, что очень критично для современных систем связи 5G. При «плохом» расположении антенны точность сигнала PPS может падать до 500 нс.

Мощность сигналов ГНСС очень низкая на поверхности земли – порядка минус 155 дБВт. Поэтому приемники очень подвержены воздействию радиопомех от различного оборудования, работающего даже в других диапазонах частот.

Так как ГНСС может играть ключевую роль в обеспечении работоспособности различных систем, необходимо обеспечивать анализ и хранение параметров навигационных сигналов для быстрой реакции на инциденты и для расследования. Например, если у вас периодически, по непонятным причинам «глючит» сеть базовых станций GNSS RTK, или вы тестируете алгоритмы автоматического ведения на полигоне и возникают непредсказуемые ошибки, необходимо иметь инструмент для контроля состояния навигационного поля.

### Мониторинг сигналов ГНСС с MaxNavi

Для мониторинга сигналов ГНСС вам необходимо установить датчик MaxNavi TimeGuard в контрольных точках и подключиться к серверу MaxNavi Server.



MaxNavi Server обрабатывает данные с датчика MaxNavi TimeGuard в реальном времени, оценивает точность определения координат и времени для всех ГНСС, сохраняет в базу данных множество параметров сигнала каждого спутника: SNR, псевдодальность, невязку, фазу и др. В случае выхода параметров за установленные пределы, вы вовремя получите нотификации. В случае сбоев различных элементов критической инфраструктуры, вы всегда сможете провести анализ сохраненных данных.

MaxNavi Server предоставляет пользователю различные инструменты анализа текущей ситуации и исторических данных:

- дашборд со статистикой за последние сутки/неделю/месяц или в диапазоне дат.
- карту с оценки ситуации в реальном времени
- графики для глубокого анализа данных
- список зарегистрированных инцидентов

### Дашборд

На дашборд система выводит информацию в двух блоках:

- текущий статус навигационного поля для всех подключенных датчиков MaxNavi TimeGuard
- статистика инцидентов

В первом блоке вы видите текущую оценку качества навигационного и диаграмму со статусами MaxNavi TimeGuard. Оценка качества рассчитывается исходя из текущих значений контролируемых параметров и установленных пределов.

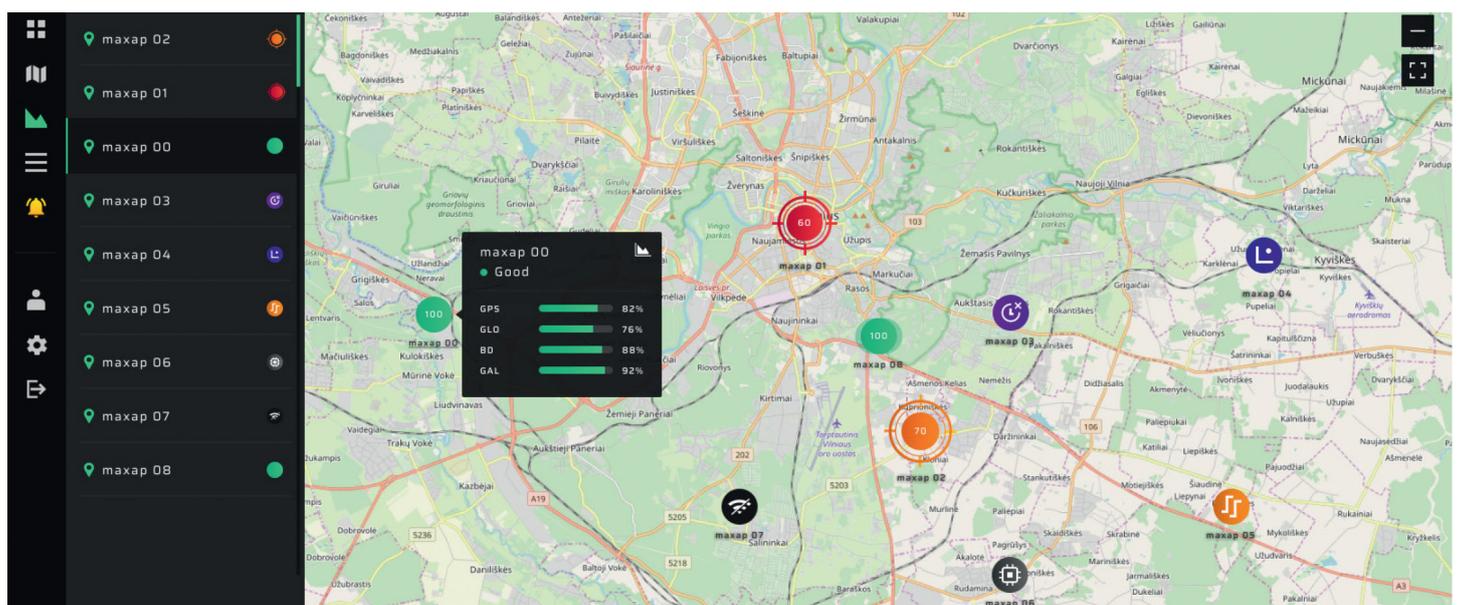
## REAL-TIME DATA



Во втором блоке вы можете оценить количество и длительность зарегистрированных инцидентов за указанный период времени.

Вся информация на дашборде обновляется в реальном времени автоматически.

## Карта



На карте вы можете видеть состояние навигационного поля во всех точках контроля. Статус каждого датчика MaxNavi TimeGuard обозначается различными значками.

Возможные статусы:

- Нормальный
- Спуфинг
- Джаминг
- Погрешность сигнала PPS (PPS offset)
- Низкая точность координат (Low Position Accuracy)
- Низкая точность по времени (Low Time Accuracy)
- Оффлайн (Offline)
- Ошибка оборудования (Hardware Error)

При клике по иконке, вы получите более детальную информацию о статусе и сможете перейти на графики для детального анализа параметров.

## Графики

Мы гордимся проделанной работой над графиками. Мы считаем, что разработали лучший интерфейс пользователя для анализа множества параметров. Наша система работы с графиками обладает рядом очень полезных преимуществ:

- синхронность, все графики синхронизируются под выбранный масштаб
- синхронный курсор на всех графиках
- три схемы расположения графиков (layout)
- обновление данных в реальном времени
- изменение масштаба с помощью строла мышки

Пользователю доступны следующие графики:

- Качество (Total Quality)
- Качество для каждой ГНСС в отдельности (Quality vs GNSS)
- Вероятность спуфинга (Spoofing vs GNSS)
- Анализ спуфинга (Spoofing Investigation)
- Координаты (Position)
- Карта положения спутников цветовой дифференциацией CNO (Satellite Heat Map)
- Вероятность джаминга (Jamming vs GNSS)
- Точность определения координат для каждой ГНСС в отдельности (Position accuracy vs GNSS)
- Точность определения времени для каждой ГНСС в отдельности (Time accuracy vs GNSS)
- Точность определения координат (Position accuracy)
- Точность определения времени (Time accuracy)
- Точность сигнала PPS на внешнем входе Датчика MaxNavi Time Guard (PPS Offset)
- Среднее значение отношения сигнал-шум (CNO Average)
- Отношение сигнал-шум для каждого спутника (CNO vs Satellites)
- Количество видимых спутников (Number of satellites)
- PDOP
- TDOP
- Невязка псевдодалности (Pseudorange Residual)



## Инциденты

При превышении установленных пороговых значений, MaxNavi Server регистрирует инцидент. В табличной форме пользователю доступен список инцидентов с типом, временем начала и конца и с длительностью. Если кликнуть по иконке графика, вы перейдете на вкладку с графиками для детального анализа.

PROBE	TYPE	EVENT START	EVENT END	DURATION
933E0BF6	Spoofing	Feb 27, 2020 09:42:47	Feb 27, 2020 09:43:20	00:00:33
933E0BF6	Spoofing	Feb 27, 2020 09:42:46	Feb 27, 2020 09:42:47	00:00:01
933E0BF6	Spoofing	Feb 27, 2020 09:34:18	Feb 27, 2020 09:35:29	00:01:11
933E0BF6	Spoofing	Feb 27, 2020 00:07:53	Feb 27, 2020 09:28:11	09:20:17
933E0BF6	Spoofing	Feb 27, 2020 00:07:54	Feb 27, 2020 09:25:29	09:17:34
829FB059	Spoofing	Feb 27, 2020 04:00:21	Feb 27, 2020 04:01:02	00:00:41
829FB059	Spoofing	Feb 27, 2020 01:57:16	Feb 27, 2020 01:57:50	00:00:34
933E0BF6	Spoofing	Feb 27, 2020 00:07:55	Feb 27, 2020 00:08:23	00:00:27

При регистрации каждого инцидента, MaxNavi Server отправляет уведомления пользователю, в соответствии с настройками системы. Все выполненные операции, доступны для анализа:

PROBE	TYPE	EVENT START	EVENT END	DURATION
933E0BF6	Spoofing	Feb 27, 2020 00:07:53	Feb 27, 2020 09:28:11	09:20:17
933E0BF6	Spoofing	Feb 27, 2020 00:07:54	Feb 27, 2020 09:25:29	09:17:34
NOTIFICATION Feb 27, 2020 00:07:55 notification to rabbitmq exchange on server sent: False NOTIFICATION Feb 27, 2020 09:25:47 notification to rabbitmq exchange on server sent: False				
829FB059	Spoofing	Feb 27, 2020 04:00:21	Feb 27, 2020 04:01:02	00:00:41

## Типовой пример защиты сервера времени от ГНСС спуфинга



1. Антенная система. Для гарантированного обнаружения преднамеренной когерентной спуфинг-атаки, Датчик MaxNavi TimeGuard использует три ГНСС антенны для анализа пространственных характеристик ГНСС поля. 1.1. Одна из ГНСС антенн может использоваться совместно двумя приемниками: первым каналом Датчика MaxNavi TimeGuard и ГНСС приемником сервера времени. 2. Датчик MaxNavi TimeGuard. Первый канал подключен к общей ГНСС антенне через сплиттер MN-Splitter. 3. Сервер времени. Приемник ГНСС подключен к общей антенне через Коммутатор MN-Switch и сплиттер MN-Splitter. 4. Коммутатор MN-Switch 5. сплиттер MN-Splitter 6. MaxNavi Server

Датчик MaxNavi TimeGuard измеряет параметры сигналов всех видимых спутников ГНСС и передает сырые данные на MaxNavi Server для обработки в режиме реального времени. Если MaxNavi Server обнаруживает спуфинг/джаминг или ухудшение качества сигнала, он посылает уведомление на датчик MaxNavi TimeGuard. Датчик MaxNavi TimeGuard посылает команду на Коммутатор MN-Switch, чтобы заблокировать порт ГНСС антенны сервера времени. Сервер времени теряет спутники и переходит в режим удержания частоты и времени на время атаки.

### Время реакции системы < 3 секунд

Общее время реакции системы между началом спуфинг-атаки и блокировкой сигнала ГНСС составляет менее 3 секунд.

## Технические характеристики Датчика МаксНави



Поддерживаемые ГНСС:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• GPS/QZSS L1 C/A</li> <li>• GLONASS L10F</li> <li>• BeiDou B1</li> <li>• SBAS L1 C/A: WAAS, EGNOS, MSAS, GAGAN</li> <li>• Galileo E1B/C</li> </ul>
Режимы слежения ГНСС:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• GPS/Galileo/GLONASS</li> <li>• GPS/Galileo/BeiDou</li> <li>• GLONASS/BeiDou</li> <li>• GPS/GLONASS</li> <li>• GPS</li> <li>• GLONASS</li> <li>• Galileo</li> <li>• BeiDou</li> </ul>
ГНСС Радиоканалы:	Три ГНСС радиоканала для гарантированного детектирования спуфинговых атак
Рекомендованный горизонтальный разнос антенн ГНСС:	Минимум 0,25 м Максимум 5 м
Детектируемые виды атак:	<p>Все типы джаминга;</p> <p>С одним каналом – асинхронный спуфинг;</p> <p>С двумя каналами – синхронный спуфинг;</p> <p>С тремя каналами – синхронный спуфинг с несколькими передатчиками</p>
Конфигурация MN TG:	С помощью встроенного WEB интерфейса; Через облако MN Server
Экран:	<p>Статус MN TG;</p> <p>Настройки подключения к сети и серверу;</p> <p>Статус ГНСС: статусы каналов, количество видимых спутников, средний SNR;</p> <p>Версия прошивки, версия аппаратной части, уникальный идентификатор датчика</p>
Светодиоды:	<p>Статус питания антенн ГНСС;</p> <p>PPS;</p> <p>Статус коммутатора</p>
<b>Анализатор сигналов</b>	
АЦП:	12 бит, 60 MSPS
Частотный диапазон:	1555 МГц – 1615 МГц
Коэффициент шума:	6 дБ, максимум
Динамический диапазон АРУ:	122 дБ, коэффициент усиления от -31 до +91 дБ
ПРЗ:	минус 29 дБмВт, типовое значение (при максимальном коэф. усиления)
ПР2:	28 дБмВт, типовое значение (при максимальном коэф. усиления)
Утечка сигнала опорного генератора:	минус 120 дБмВт, типовое значение
Вектор ошибки модуляции:	минус 42 дБ, типовое значение

Опорный генератор:	ОСХО, 50 ppb Фазовый шум: минус 154 дБ/Гц @ 10 кГц
Уровень подавления внеполосных сигналов:	65 дБ
Измеряемые параметры:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Мощность в полосе (дБмВт/Гц) для GPS, Galileo, GLONASS, BeiDou</li> <li>• Спектр мощности (дБмВт), 128 точек</li> <li>• Спектр мощности (дБмВт), 1024 точек</li> <li>• Спектрограмма длительностью 273 мкс, 128x509 точек</li> </ul>
Передача данных:	<p>Анализатор сигналов непрерывно оценивает уровень мощности входного сигнала и выбирает интервал длительностью 273 мкс с максимальной мощностью за секунду.</p> <p>Каждую секунду в MN Server отправляются:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Мощность в полосе</li> <li>• Спектр мощности (дБмВт), 128 точек</li> </ul> <p>При детектировании инцидента:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Спектрограмма длительностью 273 мкс, 128 x 509</li> <li>• Спектр мощности (дБмВт), 1024 точек</li> </ul>
<b>Параметры корпуса</b>	
Размеры:	483 x 290 x 45 мм. Монтаж в 19-дюймовую стойку
Вес:	4,10 г
Материал корпуса и защита:	Алюминий, сталь, пластик, защита IP20
<b>Условия работы и хранения</b>	
Рабочая температура:	От 0 °С до +50 °С
Температура хранения:	От минус 20 °С до +85 °С
Влажность:	0% – 95% относительной влажности без конденсации при +40 °С
Вибрация:	10 – 55 Гц/0,07г, 55 – 500 Гц/1,0г
<b>Антенные входы ГНСС</b>	
Разъем:	SMA(F)
Максимальный уровень входного сигнала:	10 дБмВт
Импеданс:	50 Ом
Напряжение питания антенны ГНСС:	3,3 В постоянного тока
Защита ESD:	15 кВ
<b>Вход PPS</b>	
Разъем:	SMA(F)
Импеданс:	50 Ом
Уровень логической «1»:	1,3 В минимум
Входное напряжение:	5,5 В максимум

## Выход PPS

Разъем:	SMA(F)
Импеданс:	50 Ом
Точность фазы (в условиях «чистого неба»):	< ±20 нс СКО, типовое значение
Напряжение на нагрузке 50 Ом:	2,4 В минимум

## Порты

Локальная сеть:	10/100BASE-T RJ45, защита ESD 15 кВ
Интерфейс RS-232:	8 контактный RJ45. Защита ESD 15 кВ. Оптическая изоляция 2,5 кВ.
Интерфейс RS-485/RS-422:	8 контактный RJ45. Защита ESD 15 кВ. Оптическая изоляция 2,5 кВ.

## Релейный выход

Тип реле:	1 группа типа С (SPDT); NO-C-NC
Коммутируемое напряжение DC:	125 В
Коммутируемое напряжение AC:	250 В
Коммутируемый ток:	5 А

## Порт подключения MN-GNSS Switch-SMA (коммутатор)

Интерфейс:	8 контактный RJ45
Питание коммутатора:	5 – 12 В постоянного тока, 0,5 А
Количество подключаемых коммутаторов:	До 4

## Питание

AC:	100 - 240 В, 50/60 Гц Разъем IEC 60320 C14
DC:	18 – 72 В
Потребляемая мощность:	< 38 Вт

## Протоколы передачи данных

MN Server:	HTTPS
Обновление прошивки:	HTTPS
Ethernet:	IPv4, DHCP (RFC 2131)

## 3G/4G модем

Технологии передачи данных:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• LTE CAT4 Канал Uplink/Downlink до 50/150 Мбит/с</li> <li>• HSPA+ Канал Uplink/Downlink до 5,76/42 Мбит/с</li> <li>• UMTS Каналы Uplink и Downlink до 384 кбит/с</li> <li>• EDGE Каналы Uplink и Downlink до 236,8 кбит/с</li> <li>• GPRS Каналы Uplink и Downlink до 85,6 кбит/с</li> </ul>
-----------------------------	--

Полосы радиочастот:

- EH – для регионов:  
EMEA/СНГ/Корея/Таиланд  
LTE-TDD B38/B40/B41  
LTE-FDD B1/B3/B5/B7/B8/B20  
UMTS/HSPA+ B1/B5/B8  
GSM/GPRS/EDGE B3/B8
- AH – для региона Северная Америка  
LTE-FDD B2/B4/B12  
UMTS/HSPA+ B2/B5
- SA – для регионов: Австралия/Новая Зеландия/ Южная Америка  
LTE-TDD B40  
LTE-FDD B1/B2/B3/B4/B5/B7/B8/B28  
UMTS/HSPA+ B1/B2/B5/B8  
GSM/GPRS/EDGE 850/900/1800/1900 МГц
- JC – для региона Япония  
LTE-FDD B1/B3/B8/B18/B19/B26

(U)SIM:

Mini-SIM (2FF) ISO/IEC 7810:2003. Защита ESD 15 кВ

Антенные разъемы:

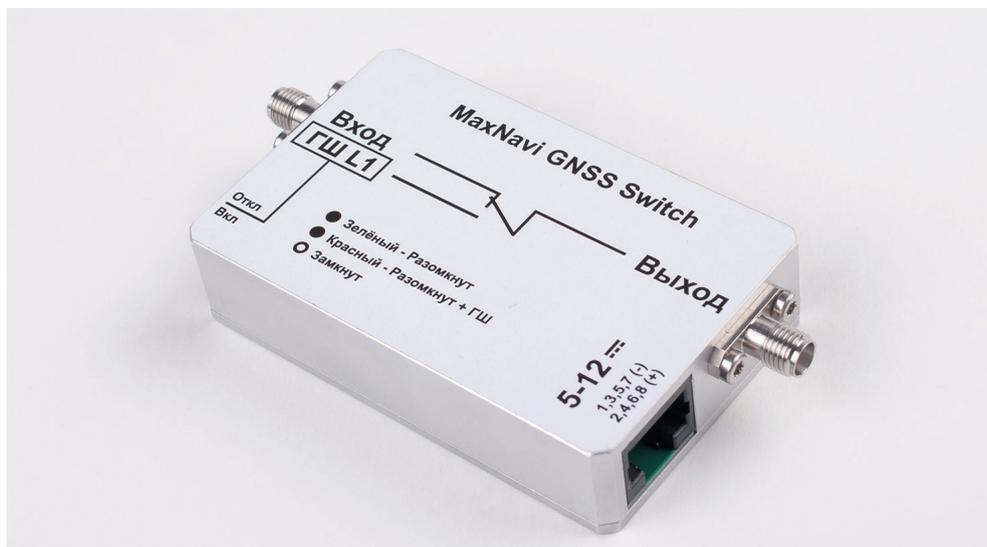
SMA (F)



- Датчик МаксНави может быть выполнен в двух исполнениях:
- Стационарный вариант для установки в стойку 19”
  - Мобильный вариант в защищенном кейсе IP67



## Технические характеристики Коммутатора МаксНави



Частотный диапазон:	1,15 ГГц – 1,65 ГГц
КСВ:	1,30:1
Максимальная мощность:	10 Вт
Коэффициент изоляции:	110 дБ минимум
Потери:	1 дБ, типовое значение 1,5 дБ максимум
Питание:	5 - 12 В постоянного тока, номинальное – 12 В
Потребляемый ток:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• в режиме «открыт» 0 мА</li> <li>• в режиме «закрыт», джаммер выключен до 45 мА</li> <li>• в режиме «закрыт», джаммер включен до 70 мА</li> </ul>
Интерфейс:	Розетка RJ45 Защита от электростатического разряда 15 кВ
<b>ГНСС Джаммер</b>	
Полоса работы:	1550 – 1620 МГц
Типовой уровень мощности в полосе частот 1559 – 1610 МГц:	минус 25 дБмВт минус 102 дБмВт/Гц
Модуляция:	ЛЧМ
<b>Параметры корпуса</b>	
Материал корпуса и защита:	Алюминий, защита IP30
Размеры:	92 x 46 x 17 мм
Вес:	150 гр
<b>Условия работы и хранения</b>	
Рабочая температура:	От 0 °С до +50 °С
Температура хранения:	От минус 20 °С до +85 °С
Влажность:	0% – 95% относительной влажности без конденсации при +40°С
Вибрация:	10 – 55 Гц/0.07г, 55 – 500 Гц/1,0г
<b>ГНСС вход\выход</b>	
Порт Вход:	SMA(F)
Порт Выход:	SMA(F)
Импеданс:	50 Ω
Напряжение питания антенны ГНСС:	До 12 В постоянного тока

## Технические характеристики Сплиттера МаксНави



Предназначен для использования одной ГНСС антенны для двух приемников

Частотный диапазон:	1,15 ГГц – 1,65 ГГц
КСВ:	1,40:1
Максимальный уровень входной мощности:	33дБмВт
Потери:	0,7 дБ
Коэффициент изоляции:	22 дБ

### Параметры корпуса

Материал корпуса и защита:	Алюминий, защита IP20
Размеры:	46.0 x 28.5 x 8.0мм
Вес:	40 гр.

### Условия работы и хранения

Рабочая температура:	От 0 °С до +50 °С
Температура хранения:	От -50 °С до +85 °С
Влажность:	0% – 95% относительной влажности без конденсации при +40 °С
Вибрация:	10 – 55 Гц/0.07г, 55 – 500 Гц/1,0г

### ГНСС вход\выход

Порт Input:	SMA(F)
Порт OUT 1:	SMA(M)
Порт OUT 2	SMA(F)
Импеданс:	50 Ω
Напряжение питания антенны ГНСС:	3,3 – 5 В постоянного тока Через порт OUT 1 к порту Input
Порт 2, нагрузка:	Резистивная нагрузка 330 Ом Блокировка DC

# MAXNAVI

GNSS Defense

Контакты:  
ООО «МАКСНАВИ»  
[www.maxnavi.ru](http://www.maxnavi.ru)  
[info@maxnavi.ru](mailto:info@maxnavi.ru)