Почему сегодня все чаще возникают проблемы с приемом GNSS

Использование GNSS-приемника в условиях глушения сигнала: как сохранить точность измерений

В последние годы геодезисты, кадастровые инженеры, строители и специалисты по инженерным изысканиям все чаще сталкиваются с ситуацией, когда GNSS-приемник внезапно теряет спутники, перестает получать RTK-поправки или показывает нестабильные координаты. Особенно часто подобные случаи наблюдаются в крупных городах, возле стратегических объектов, аэропортов, промышленных предприятий и других территорий, где могут использоваться средства радиоэлектронного подавления.

При этом причины ухудшения работы навигационного оборудования могут быть различными:

- радиоэлектронное подавление (джамминг);
- имитация спутниковых сигналов (спуфинг);
- многолучевость в городской застройке;
- сильные радиопомехи от оборудования;
- неблагоприятная геометрия расположения спутников.

Для геодезических работ подобные условия становятся серьезной проблемой, поскольку даже кратковременная потеря сигнала может привести к снижению точности или полной остановке измерений.

В этой статье рассмотрим основные признаки воздействия помех и наиболее эффективные способы продолжения работы.

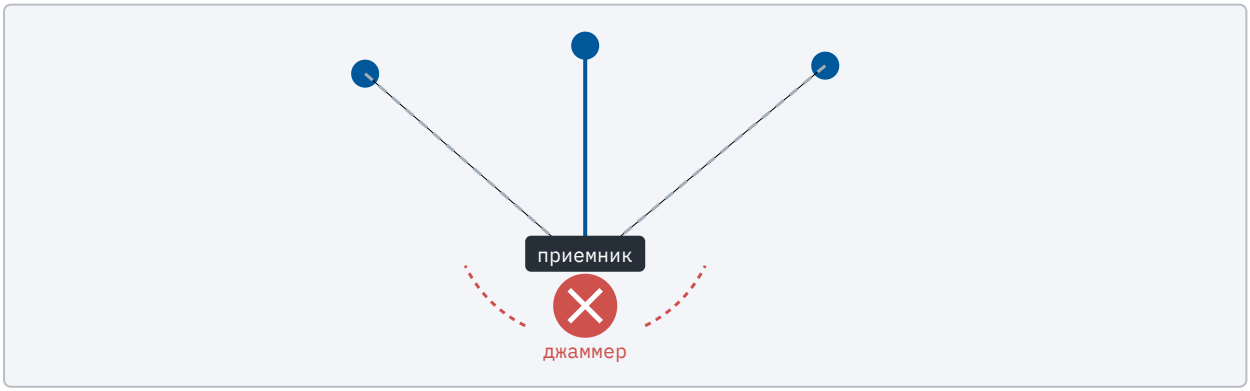

Рис. 1. Типовой сценарий воздействия радиоэлектронных помех на геодезический приемник

Как понять, что приемник работает в условиях помех

Наиболее распространенными признаками являются:

- количество спутников резко уменьшается;
- число спутников постоянно меняется («скачет»);
- приемник теряет фиксированное RTK-решение;
- координаты начинают смещаться без видимой причины;
- увеличивается показатель PDOP;
- появляются постоянные переходы между режимами Float и Fix;
- спутники полностью исчезают.

Если одновременно наблюдаются сразу несколько признаков, велика вероятность воздействия радиоэлектронных помех.

Что происходит при полном исчезновении спутников

Если приемник показывает 0 спутников, это означает, что прием навигационных сигналов полностью прекращен. Причинами могут быть:

- мощное радиоэлектронное подавление;
- перекрытие обзора неба;
- неисправность антенны или кабеля;
- сильные электромагнитные помехи.

В подобных условиях получить RTK-решение невозможно независимо от качества базовой станции или интернет-соединения.

Использование инерциальной навигации (IMU)

Одним из наиболее эффективных способов повышения устойчивости является использование приемников с интегрированной инерциальной системой. Такие технологии применяются, например, в решениях NovAtel SPAN, Trimble Maxwell, Leica IMU, Topcon TILT и других профессиональных GNSS-приемниках.

Компонент IMU	Функция
Акселерометры	Измерение линейных ускорений
Гироскопы	Измерение угловых скоростей
Алгоритмы фильтрации	Объединение данных GNSS и IMU (фильтр Калмана)

При кратковременной потере спутников система продолжает вычислять положение по данным датчиков движения — режим *Dead Reckoning*. Преимущества использования IMU:

- сохранение траектории движения;
- сглаживание кратковременных пропаданий сигнала;
- снижение влияния скачков координат;
- возможность продолжения работ при временном отсутствии GNSS.

Современные алгоритмы фильтра Калмана постоянно сравнивают данные спутниковой навигации и инерциальной системы, автоматически отбрасывая подозрительные измерения.

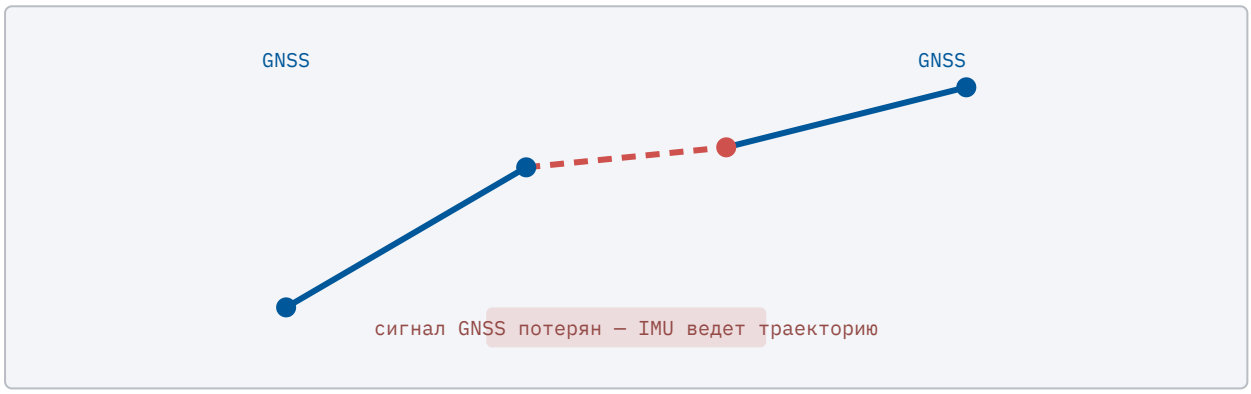

Рис. 2. Совместная работа GNSS и инерциальной навигации (Dead Reckoning)

Использование нескольких спутниковых систем

Современный геодезический приемник способен одновременно работать с несколькими навигационными системами: GPS, ГЛОНАСС, Galileo, BeiDou, QZSS (в отдельных регионах). Чем больше спутниковых созвездий используется одновременно, тем выше вероятность сохранить устойчивое решение.

Во многих случаях средства радиоэлектронной борьбы ориентированы преимущественно на диапазоны GPS L1. Поэтому использование нескольких систем значительно повышает устойчивость оборудования.

Почему BeiDou иногда работает лучше

Практика показывает, что при сильном подавлении GPS и ГЛОНАСС приемник может продолжать получать стабильный сигнал от китайской системы BeiDou. Особенно это касается частоты B3I (1268,52 МГц), которая отличается от наиболее часто подавляемых гражданских диапазонов.

Если оборудование поддерживает выбор отдельных систем и частот, имеет смысл проверить работу именно по BeiDou. Однако эффективность такого решения всегда зависит от конкретной обстановки и характера помех.

Настройка приемника для работы в сложных условиях

Увеличение угла отсечки спутников

Спутники, находящиеся низко над горизонтом, сильнее подвержены наземным помехам, многолучевости, отражениям и экранированию зданиями. Поэтому рекомендуется увеличить Elevation Mask до 20–30°.

Приемник перестанет использовать наиболее проблемные сигналы, что часто делает решение значительно стабильнее.

Контроль значения PDOP

PDOP показывает качество пространственного расположения спутников.

Значение PDOP	Оценка геометрии
до 2	отличная
2–3	хорошая
более 3	желательно прекратить высокоточные RTK-измерения
выше 5	точность существенно ухудшается

Если одновременно увеличивается PDOP и уменьшается количество спутников, вероятность влияния помех значительно возрастает.

Использование встроенной защиты современных приемников

Современные профессиональные платы GNSS содержат большое количество средств защиты:

- адаптивные режекторные фильтры (Notch Filters);
- импульсные фильтры (Pulse Blanking);
- полосовые фильтры;
- режим HDR (High Dynamic Range);
- спектральный анализ радиопомех.

Некоторые производители позволяют в режиме реального времени определить источник помех и программно исключить его влияние. Такие технологии используются в оборудовании Septentrio, NovAtel и ряде других профессиональных решений.

Помогает ли физическое экранирование?

Да, если источник помех расположен на поверхности земли. Полезные сигналы спутников приходят сверху, тогда как большинство джаммеров находятся рядом с землей. Поэтому эффективными могут оказаться:

- бетонные стены;
- кирпичные здания;
- земляные насыпи;
- высокие ограждения;
- естественный рельеф.

Если разместить антенну так, чтобы преграда находилась между ней и предполагаемым источником помех, мощность нежелательного сигнала может значительно уменьшиться.

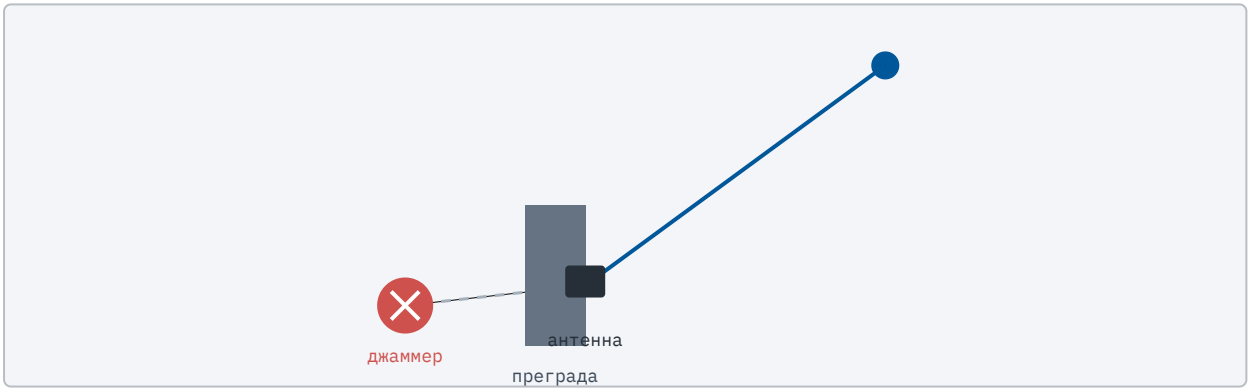

Рис. 3. Использование рельефа и застройки как экрана от наземных помех

Использование Ground Plane

Ground Plane представляет собой металлический экран под антенной. Он позволяет уменьшить влияние отраженных сигналов, ослабить помехи, приходящие снизу, и повысить качество приема спутников.

Для профессиональных измерений использование качественной геодезической антенны с большим Ground Plane остается одним из наиболее эффективных способов борьбы с многолучевостью.

Можно ли использовать металлическое экранирование?

Полностью закрывать антенну металлической емкостью или оборачивать ее фольгой нельзя. Такое экранирование создаст эффект клетки Фарадея и заблокирует не только помехи, но и полезные спутниковые сигналы.

Допустимо лишь частичное экранирование боковой части антенны в отдельных экспериментальных случаях, однако подобные решения не являются штатным способом эксплуатации оборудования и не гарантируют положительного результата.

Помогает ли размещение приемника в углублении?

Иногда использование естественного рельефа действительно уменьшает влияние наземных источников помех — овраги, карьеры, выемки, траншеи, естественные понижения местности.

При этом необходимо учитывать, что одновременно уменьшается обзор небосвода. Следовательно:

- ухудшается геометрия спутников;
- увеличивается PDOP;
- снижается количество доступных спутников.

Поэтому данный метод следует рассматривать только как вынужденную меру.

Антенны с подавлением помех

Для работы в сложной радиообстановке существуют специализированные GNSS-антенны. Наиболее эффективными считаются антенны с управляемой диаграммой направленности (CRPA). Их особенности:

- определение направления источника помех;
- формирование «нулей» диаграммы в сторону помехи;
- сохранение приема спутниковых сигналов.

Подобные решения широко применяются в авиации, морской навигации и специальных комплексах, однако постепенно становятся доступны и в профессиональной геодезии.

Рис. 4. Принцип работы антенны с управляемой диаграммой направленности (CRPA)

Защита от спуфинга

Не менее опасной проблемой является не глушение, а подмена навигационных сигналов. При спуфинге приемник продолжает видеть спутники, но вычисляет неправильные координаты. Для повышения надежности используются:

- сравнение данных GNSS и IMU;
- контроль скачков координат;
- анализ скорости движения;
- аутентификация навигационных сообщений.

Одним из наиболее перспективных решений считается технология Galileo OSNMA, позволяющая проверять подлинность навигационных сообщений с помощью криптографической защиты.

Когда лучше отказаться от использования GNSS

Если приемник длительное время не получает фиксированное RTK-решение, количество спутников остается нестабильным или полностью отсутствует, а координаты постоянно изменяются без объективных причин, выполнение высокоточных измерений становится нецелесообразным. В подобных условиях рекомендуется перейти к классическим геодезическим методам — использовать электронный тахеометр, выполнять тахеометрические ходы или производить привязку от существующих геодезических пунктов. Такой подход позволит сохранить требуемую точность и избежать ошибок при выполнении работ.

Практические рекомендации

№	Действие
1	Проверьте исправность антенны, кабелей и источника питания.
2	Оцените количество спутников и значение PDOP.
3	Увеличьте угол отсечки спутников до 20–30°.
4	Используйте одновременно GPS, ГЛОНАСС, Galileo и BeiDou, если это поддерживается оборудованием.
5	При наличии IMU включите режим инерциального сопровождения.
6	По возможности разместите антенну так, чтобы здания или рельеф закрывали ее от предполагаемого источника наземных помех.
7	Используйте встроенные функции подавления помех, если они предусмотрены производителем.
8	При полном отсутствии устойчивого решения переходите к тахеометрическим измерениям.

Заключение

Воздействие радиоэлектронных помех становится все более актуальной проблемой для геодезии, строительства и кадастровых работ. Современные GNSS-приемники способны значительно повысить устойчивость измерений благодаря поддержке нескольких спутниковых систем, инерциальной навигации, адаптивным фильтрам и интеллектуальным алгоритмам обработки сигналов. Однако универсального способа полностью устранить влияние сильного глушения не существует.

Грамотная настройка оборудования, использование современных технологий и правильная организация полевых работ позволяют существенно снизить влияние помех и сохранить необходимую точность измерений. В случаях, когда получить надежное спутниковое решение невозможно, наиболее правильным решением остается переход к классическим геодезическим методам, не зависящим от сигналов глобальных навигационных спутниковых систем.

Автор: ООО «ТопГео» · top-geo.ru