

SPAN — УНИКАЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТОВ ОТ КОМПАНИИ NOVATEL

А.Н. Воронов («ГНСС плюс»)

В 2002 г. окончил геодезический факультет МИИГАиК по специальности «космическая геодезия». С 2005 г. работал в ЗАО «ПРИН», с 2013 г. — в Группе компаний «Геодезия и Строительство». С 2019 г. работает в ООО «ГНСС плюс», в настоящее время — директор по развитию.

А.И. Козырев («ГНСС плюс»)

В 1982 г. окончил Московский геологоразведочный институт им. Серго Орджоникидзе по специальности «горный инженер-геофизик». После окончания института по 1991 г. работал в Кавалеровской геофизической экспедиции Приморгеологии (Владивосток), с 1998 г. по 2002 г. — в Приморском аэрогеодезическом предприятии (Владивосток), с 2004 г. — в ЗАО «ПРИН». С 2017 г. работает в ООО «ГНСС плюс», в настоящее время — ведущий инженер.

Стремительный научно-технический прогресс последних десятилетий не мог не затронуть технологию высокоточного позиционирования, которая востребована в большинстве сфер деятельности. Настоящей технологической революцией стало создание спутникового метода определения координат, без которого уже не представить современную жизнь. А каких-то 30 лет назад это казалось чем-то из области фантастики.

В качестве наглядного примера можно привести случай, который произошел в 1993 году в г. Партизанске Приморского края. При изысканиях для реконструкции участка железной дороги Угольная — Находка определение координат точек съемочного обоснования проводилось комплектом из двух одночастотных GPS-приемников. Результаты настолько поразили заказчика работ, что в итоге, по его инициативе, в местной газете об этом была напечатана статья под заголовком «Чернокнижники».

Вот и сегодня, несмотря на прогрессивное совершенствование методов спутникового позиционирования, увеличение спутниковых группировок, количе-

ства транслируемых сигналов, создание корректирующих сервисов, невозможно представить высокоточное ГНСС позиционирование без сигналов хотя бы с четырех навигационных спутников, т. е. в месте определения координат обязательно наличие более-менее «открытого неба». Также проблемами, хотя и несущественными, в большинстве отраслей применения спутникового позиционирования являются небольшая задержка в решении навигационной задачи и более сложная технология получения углов ориентации подвижного объекта.

Одним из методов решения этих проблем является метод комплексирования спутникового позиционирования с инерциальной навигацией (ГНСС + ИНС), который в последнее время становится все более востребован в различных отраслях.

▼ ГНСС + ИНС — как это работает

Сравним возможности двух способов позиционирования подвижных объектов (см. таблицу).

Очевидно, что достоинства одного метода могут компенсировать недостатки другого.

Традиционный алгоритм ZUPTs + CUPTs (Zero Velocity Updates + Coordinate Updates) получения комплексного решения ГНСС + ИНС заключается в следующем:

— ГНСС решение выдает начальные координаты и ориентацию по сторонам света для «выставки» (инициализации) ИНС;

— ГНСС позиционирование корректирует данные местоположения и скорости ИНС, уменьшая ошибки, вызванные дрейфом инерциальных датчиков;

— ИНС решает задачу позиционирования в периоды, когда ГНСС решение невозможно (малое количество сигналов навигационных спутников или их отсутствие, а также плохая геометрия спутников);

— ИНС решает задачу ориентации объекта относительно траектории движения;

— ИНС решение обеспечивает более частую выдачу данных (координат, скорости и элементов ориентации).

Такое комплексирование значительно увеличивает возможности высокоточного позиционирования в сложных условиях, однако остаются некото-

Возможности спутникового позиционирования и инерциальной навигации местоположения подвижного объекта

Возможности ГНСС	Возможности ИНС
Обеспечивает точное абсолютное определение местоположения и скорости.	Обеспечивает определение относительного положения, скорости и ориентации.
Точность стабильна в течение длительного времени, но присутствует небольшой разброс от эпохи к эпохе в пределах точности измерений.	Точность стабильна от измерения к измерению, но без внешних данных экспоненциально дрейфует по времени.
Необходимо наличие сигналов четырех и более навигационных спутников ГНСС («открытый небосвод»).	Использует собственные инерциальные датчики измерения ускорений и разворотов.
Скорость выдачи решения, как правило, ограничена частотой 100 Гц.	Высокая скорость вывода данных с частотой свыше 200 Гц.
Точность определений зависит от количества отслеживаемых спутников, их геометрии и режима позиционирования.	Точность зависит от скорости дрейфа инерциальных датчиков (класс ИНС) и времени обновления данных спутникового позиционирования.

рые ограничения, связанные с дрейфом инерциальных датчиков. Время точного автономного позиционирования ИНС, когда ГНСС-приемник комплекса не может решить задачу определения местоположения, зависит от класса инерциального измерительного модуля и составляет от нескольких секунд (самые простые МЭМС) до нескольких минут (ИНС на волоконно-оптических гироскопах). Также надо учитывать, что чем выше класс инерциального модуля, тем он больше по размеру и весу, а его стоимость возрастает в геометрической прогрессии. Дрейф ИНС частично можно компенсировать, используя одну из составляющих алгоритма комплексирования ZUPT, данные для которой можно получить из дополнительных датчиков скорости, например таких как одомер, но это применимо не для всех приложений.

На рис. 1 изображен принцип традиционного (слабо связанного) комплексного решения навигационной задачи ГНСС + ИНС.

▼ **SPAN — технология комплексирования ГНСС + ИНС позиционирования компании NovAtel**

SPAN (Synchronized Position Attitude Navigation) — уникальная, запатентованная технология, разработанная компанией

NovAtel Inc. В ней применен инновационный алгоритм совместной обработки спутниковых и инерциальных измерений,

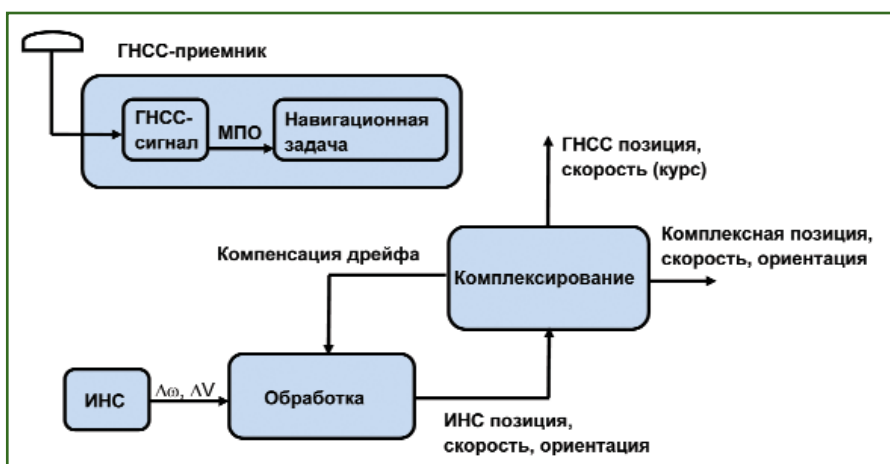


Рис. 1
Принцип традиционного (слабо связанного) комплексного решения навигационной задачи ГНСС + ИНС

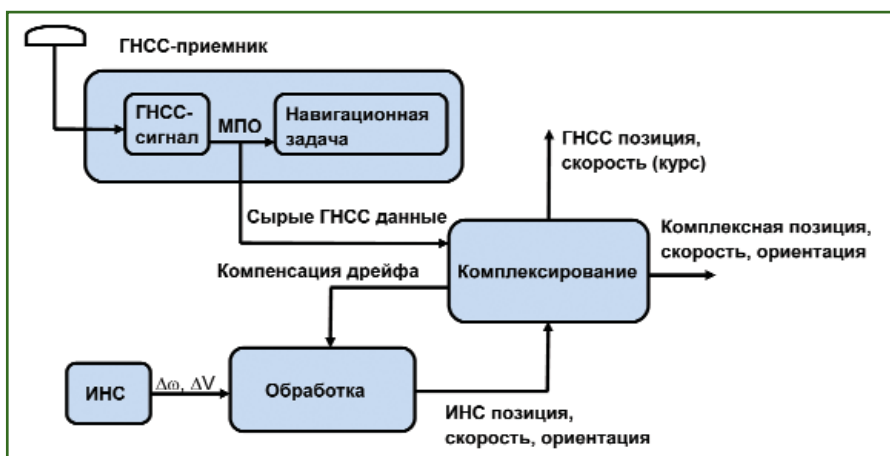


Рис. 2
Принцип SPAN — жестко связанного решения навигационной задачи ГНСС + ИНС

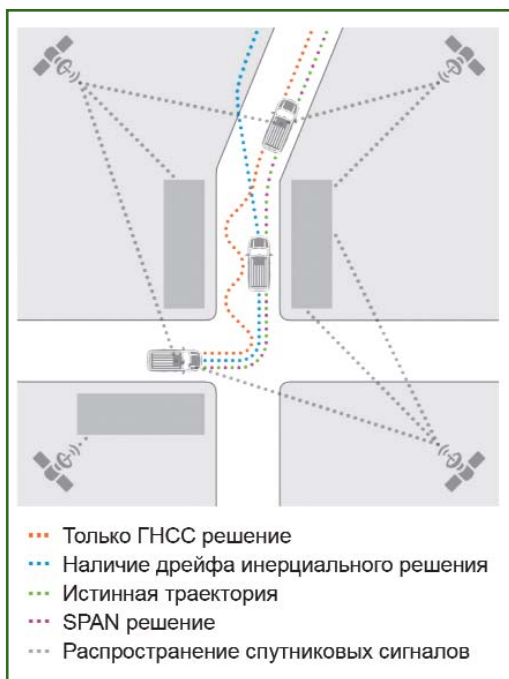


Рис. 3

Примеры искажения траектории движущегося объекта в сложных условиях спутникового позиционирования

который, без преувеличения, можно считать прорывом в развитии методов высокоточного позиционирования.

Основным принципом SPAN является синхронная обработка всех «сырых» данных ГНСС и

ИНС, даже в случае, когда при наличии спутниковых сигналов невозможно решить навигационную задачу по ГНСС данным (СУРТ не работает, так как мало спутников, либо большой PDOP).

На рис. 2 изображен принцип SPAN — жестко связанного решения навигационной задачи ГНСС + ИНС. Использование «сырых» ГНСС данных в период отсутствия навигационного решения по ГНСС совокупно с заданным алгоритмом обработки ИНС данных (наземное, воздушное или морское применение) позволяет в значительной степени компенсировать дрейф инерциальных датчиков ИНС.

▼ Позиционирование в сложных условиях с «закрытым небосводом»

Сложные условия позиционирования возникают из-за ограниченного количества или отсутствия сигналов навигационных спутников ГНСС.

На рис. 3 приведены примеры искажения траектории подвижного объекта в сложных условиях.

При использовании только ГНСС решения позиционирование становится ненадежным или

невозможным, когда прием спутниковых сигналов блокируется зданиями или деревьями.

При отсутствии внешней корректирующей информации ИНС позиционирование также становится ошибочным из-за дрейфа инерциальных датчиков.

Использование всей доступной информации в жестко связанном решении дает максимально близкое к истине местоположение объекта.

Технология SPAN применима при позиционировании подвижных объектов как в режиме реального времени (RTK), так и при постобработке в специализированном программном обеспечении Inertial Explorer, когда данные о точном местоположении, скорости, ориентации, качке (морское применение) нужны после проведения работ. Надежность и точность результатов в программе Inertial Explorer становится значительно выше, так как в постобработке доступен алгоритм многократной обработки траектории в прямом и обратном по времени направлениях.

На рис. 4 отображено сравнение работы в режиме реального времени традиционного (слабосвязанного) комплексирования ГНСС + ИНС и технологии SPAN в условиях полного отсутствия ГНСС-сигналов (проезд по Северо-Западному тоннелю в Москве протяженностью около 2,5 км). В эксперименте участвовали ГНСС-приемники (мультисистемные, двухчастотные) и ИНС (МЭМС коммерческого применения) одного класса производительности.

До въезда в тоннель обе системы работали практически синхронно, и даже около 20 секунд в тоннеле уход ИНС был не очень большой, затем произошел срыв инициализации традиционного комплексирования ГНСС + ИНС (траектория обозначена точками красного цвета). «Выставка» (инициализация) не произошла и во время разворота над тоннелем (около

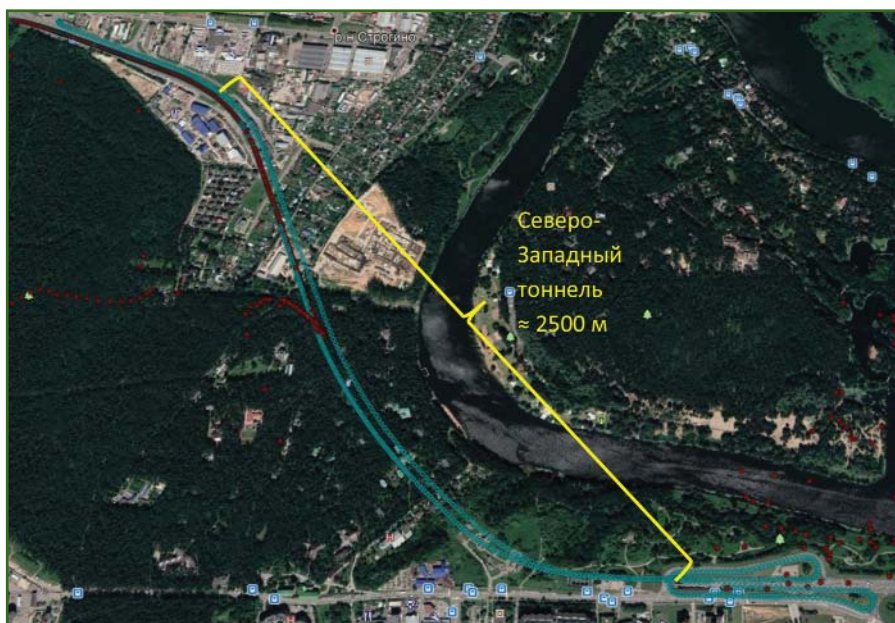


Рис. 4

Сравнение работы в режиме RTK традиционного комплексирования ГНСС + ИНС и технологии SPAN в условиях полного отсутствия ГНСС-сигналов

3-х минут) при наличии «открытого небосвода». При использовании технологии SPAN уход с траектории при выезде из тоннеля через 3 минуты составил около 15 м, при обратном проезде этого же тоннеля за 2 минуты — около 10 м.

После обработки «сырых» данных (ГНСС + ИНС) в программе Inertial Explorer разница с данными SPAN RTK на выезде из тоннеля между точками траектории составила более 30 м при проезде за 3 минуты (рис. 5а) и менее 20 м при проезде за 2 минуты (рис. 5б).

Поэтому в приложениях, где не требуется высокоточное позиционирование в режиме реального времени, предпочтительней использовать результаты постобработки данных ГНСС + ИНС в программе Inertial Explorer.

Для использования этой технологии комплексирования ГНСС-приемника с ИНС в приемнике должна быть активирована опция SPAN независимо от того, будет ли комплекс работать в режиме реального времени или будут регистрироваться «сырые» ГНСС + ИНС данные для постобработки.

Компания NovAtel предлагает решения SPAN (ГНСС + ИНС) в однокорпусных устройствах. Если по каким-то параметрам такое решение не удовлетворяет пользователя, можно подобрать комплект — отдельно ГНСС-приемник (ОЕМ-плата) и отдельно ИНС, отвечающий требованиям приложений, в которых он будет использован.

Для качественного комплексирования предпочтительно использовать двухантенный ГНСС-приемник. Это упростит и ускорит инициализацию ИНС системы SPAN.

▼ Области применения технологии SPAN

Из всего вышеизложенного можно сделать вывод, что технология SPAN просто незаменима в сложных условиях приема ГНСС-сигналов.

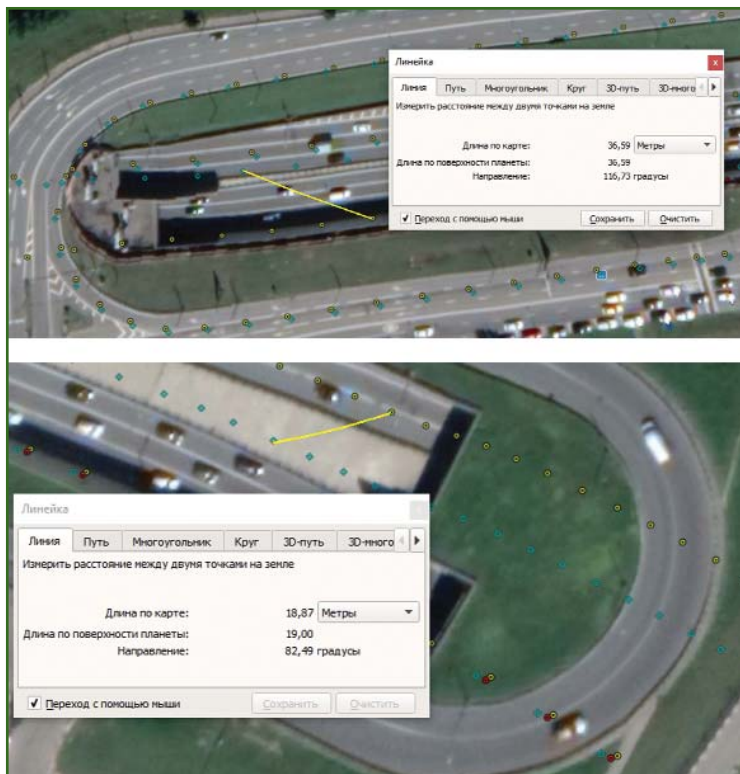


Рис. 5

Расхождение между точками траектории на выезде из тоннеля, полученными в результате обработки в программе Inertial Explorer «сырых» данных (ГНСС + ИНС), с данными SPAN RTK при проезде всего тоннеля за 3 минуты (а) и за 2 минуты (б)

В первую очередь, при плотной городской застройке, где требуется надежное позиционирование транспортных средств, перемещающихся между зданиями и объектами инфраструктуры.

На железнодорожных трассах с большим количеством мостов, виадуков, близко расположенных полос снегозадержания с высокими деревьями при контроле состояния полотна и рельсового пути путеизмерительным комплексом.

В условиях сильных радиочастотных помех и спуфинга, когда требуется ослабить или свести к нулю воздействие этих факторов на результаты высокоточного позиционирования. Например, при автопилотировании БПЛА в случае потери ГНСС позиционирования технология SPAN позволит вернуть беспилотный летательный аппарат в точку вылета.

Помимо позиционирования технология SPAN с высокой точ-

ностью определяет мгновенную ориентацию объекта (курс, крен, тангаж) и параметры качки (heave), что очень востребовано при проведении воздушной и наземной лидарной съемки или высокоточных гидрографических исследований.

Это далеко не полный список областей применения SPAN, который постоянно увеличивается, как и совершенствуется сама технология с применением дополнительных источников информации, позволяющих значительно повысить точность и надежность результатов.

Официальным дилером компании NovAtel на территории РФ является компания «ГНСС плюс». С полным спектром предлагаемого оборудования, поддерживающего технологию SPAN, можно ознакомиться на сайте www.GNSSplus.ru. Подробную консультацию предоставят инженеры компании.