

ИНЕРЦИАЛЬНЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ МОДУЛИ И СПУТНИКОВО-ИНЕРЦИАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ 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.

Д.А. Никулин («ГНСС плюс»)

В 1999 г. окончил МАТИ — Российский государственный технологический университет имени К.Э. Циолковского по специальности «научно-технические технологии в РЭА». После окончания университета работал в АО «Атомэнергoproject», с 2008 г. по 2018 г. — в ОКБ ОТ РАН. С 2020 г. работает в ООО «ГНСС плюс», в настоящее время — главный инженер.

Спутниковые методы определения координат статических и подвижных объектов повсеместно применяются на протяжении последних двух десятков лет. Не важно, идет речь о высокой точности или о точности в несколько десятков метров, суть принципов спутникового позиционирования едина — решение пространственной засечки с целью определения планово-высотного положения конкретной точки.

Однако, при определении координат объектов, особенно если объект находится в движении, нередки случаи кратковременного или полного блокирования спутниковых сигналов. Комплексование методов спутниковой и инерциальной навигации существенно помогает сохранить решение высокоточного определения координат в сложных условиях.

В основах инерциальной навигации заложено непрерывное измерение параметров движения (ускорения и угловых скоростей) относительно установленной системы отсчета. Эти

величины определяются специальными датчиками — акселерометрами и гироскопами. Акселерометры вычисляют линейное ускорение, а гироскопы — угловые скорости [1].

Таким образом, после потери спутниковых сигналов, положение движущегося объекта можно определять с помощью инерциального измерительного модуля, интегрированного в комплексированную (ГНСС+ИНС) систему.

С увеличением времени будет происходить увеличение дрейфа инерциального решения, как

следствие, будет ухудшаться итоговая точность определения координат. Чем выше производительность (класс) инерциального измерительного модуля, тем медленнее будет снижаться точность инерциального решения.

Технология SPAN компании NovAtel — это технология комплексования ГНСС и ИНС позиционирования, основанная на методе жестко связанного решения. Она объединяет ГНСС и ИНС устройства, а также сопутствующее программное обеспечение [2].

Инерциальные измерительные модули начального уровня — Epson G320N и Epson G370N



Выполнены в ультра компактном форм-факторе.

Обеспечивают высокоточные измерения, где требуется низкая стоимость решения, высокая производительность и долговечность.

Могут напрямую связываться с ГНСС приемниками NovAtel OEM7 через порт SPI.

Размер — 24x24x10 мм.

Вес — 10 г.

Инерциальный измерительный модуль повышенной производительности — KVH1750



Выполнен в компактном и прочном корпусе, обеспечивает тактическую производительность с минимальным энергопотреблением.

Содержит волоконно-оптические гироскопы (FOG) и МЭМС-акселерометры.

Размер — 88,9 мм (максимальный диаметр) и 73,7 мм (высота).

Вес — <700 г.

Каждое из ГНСС или ГНСС+ИНС устройств NovAtel, созданное на платформе OEM-плат 7-го поколения, поддерживает технологию SPAN и может быть дополнено любым инерциальным измерительным модулем из продукции, предлагаемой компанией.

Как было сказано выше, точность инерциального решения зависит от класса инерциального модуля. Инерциальные измерительные модули NovAtel можно разделить на три условных группы: модули начального уровня, модули повышенной производительности и высокопроизводительные модули.

Кроме того, в модулях используются гироскопы и акселерометры разного типа. Например, все инерциальные измерительные модули NovAtel начального уровня оснащены гироскопами и акселерометрами на базе МЭМС (микроэлектромеханические системы). К таким устройствам относятся: OEM-EG320N, OEM-EG370N, OEM-STIM300, OEM-ADIS-16488 и OEM-HG4930.

Часть инерциальных измерительных модулей повышенной производительности NovAtel оснащена МЭМС, а часть — имеет в своей конструкции волоконно-оптические гироскопы. К примеру, инерциальный измерительный модуль μ IMU-IC работает на МЭМС-

гироскопах и акселерометрах, а модуль KVH-1750 содержит волоконно-оптические гироскопы (FOG) и МЭМС-акселерометры.

Наконец, высокопроизводительные инерциальные измерительные модули NovAtel могут оснащаться как МЭМС-датчика-

ми, так и волоконно-оптическими гироскопами с замкнутым контуром и твердотельными акселерометрами, либо кольцевыми лазерными гироскопами и серво акселерометрами. ISA-100C обеспечивает самый высокий уровень производительности в серии инерциальных модулей NovAtel.

В зависимости от класса (производительности) инерциального модуля, а также типов встроенных в него гироскопов и акселерометров будет зависеть итоговый вес устройства. Так, модули начального уровня Epson G320N и Epson G370N имеют размер 24x24x10 мм и весят всего 10 г. Размер высокопроизводительного модуля ISA-100C составляет уже 180x150x137 мм, а вес достигает 5 кг.

Высокопроизводительный инерциальный измерительный модуль — ISA-100C



Модуль навигационного класса от Northrop-Grumman Litef GmbH.

Имеет низкий уровень шума и стабильные смещения акселерометра и гироскопических датчиков.

Подходит для наземных или воздушных исследований.

Коммерчески экспортируемый модуль, который обеспечивает наиболее высокий уровень производительности среди инерциальных модулей NovAtel.

Размер — 180x150x137 мм.

Вес — 5,0 кг.

Двухантенная компактная ГНСС+ИНС система — СРТ7



В едином корпусе объединены ГНСС-плата NovAtel OEM7720 и инерциальный измерительный модуль Honeywell HG4930.

Количество каналов для приема спутниковых сигналов — 555.

Технология ALIGN для высокоточного определения курса по двум ГНСС-антеннам.

Объем встроенной памяти — 16 Гбайт.

Размер — 90x60x60 мм.

Вес — 500 г.

Отдельное место среди высокоточного навигационного оборудования NovAtel занимают комплексированные спутниково-инерциальные системы, выполненные в едином корпусе. В настоящее время существует шесть моделей таких ГНСС+ИНС систем: PwrPak7-E1, PwrPak7D-E1, PwrPak7-E2, PwrPak7D-E2, CPT7 и CPT7700.

В корпус каждого из устройств встроена ГНСС OEM-плата NovAtel седьмого поколения, имеющая 555 каналов для приема спутниковых сигналов, и инерциальный измерительный модуль начального уровня — Epson или Honeywell.

PwrPak7D-E1, PwrPak7D-E2 и CPT7 оснащены OEM-платой NovAtel7720, способной обрабатывать сигналы от двух одновременно подключенных ГНСС-антенн. Это позволяет выполнять быструю инициализацию инерциальной системы и с высокой точностью определять параметры курса движущегося объекта.

Комплексированные спутниково-инерциальные системы NovAtel могут использоваться как для выполнения высокоточного позиционирования подвижных объектов, так и для определения координат в статическом режиме. Внутреннее программное обеспечение устройств представляет собой опциональную архитектуру и может быть оптимально настроено для работы с уникальными пользовательскими приложениями.

Кроме того, ГНСС+ИНС системы NovAtel поддерживают работу с глобальными сервисами дифференциальной коррекции TerraStar. Это дает возможность получать координаты (как в статике, так и в кинематике) с точностью первых сантиметров без использования базовых станций [3].

Спутниково-инерциальные системы NovAtel имеют возмож-

Двухантенная ГНСС+ИНС система в едином корпусе — PwrPak7D-E2



G320N.

Расширенный набор интерфейсов для легкой интеграции и установки в комплексные системы разработчика.

Встроенный Wi-Fi.

Объем внутренней памяти — 16 Гбайт.

Размер — 147x125x55 мм.

Вес — 560 г.

Количество каналов для приема спутниковых сигналов — 555.

Высокоточное определение параметров курса по двум ГНСС-антеннам.

Инерциальный измерительный модуль на МЭМС — Epson

ность удаленного управления, настройки и конфигурирования посредством web-интерфейса.

Корпус устройств выполнен из прочных материалов, что обеспечивает высокую степень защиты от внешних воздействий. Гарантированный диапазон рабочих температур составляет от -40°C до 75°C .

Перечисленное выше спутниково-инерциальное оборудование незаменимо при выполнении высокоточного позиционирования движущихся объектов в сложных условиях — при плотной городской застройке, под мостами, в тоннелях или на трассах, окруженных густой растительностью, а также наличии радиопомех или спуфинга и т. д.

Технология SPAN от NovAtel, объединяющая ГНСС+ИНС оборудование и сопутствующее программное обеспечение, успешно применяются в таких областях и задачах, как:

- мобильное лазерное сканирование и картографирование;

- аэрофотосъемка и лидарная аэросъемка с использованием как пилотируемых, так и беспилотных летательных аппаратов;

- оценка состояния покрытия автодорог с помощью подвижной дорожной лаборатории;

- высокоточные гидрографические изыскания;

- посадка летательных аппаратов на движущуюся платформу;

- беспилотное вождение в автомобильной колонне и т. д.

Официальным дилером компании NovAtel на территории России является компания «ГНСС плюс». Узнать больше о передовом оборудовании и технологиях NovAtel можно, обратившись к специалистам организации.

▼ Список литературы

1. Воронов А.Н., Козырев А.И. Inertial Explorer — мощное программное обеспечение для совместной обработки кинематических данных ГНСС+ИНС // Геопрофи. — 2021. — № 2. — С. 23–27.

2. Воронов А.Н., Козырев А.И. SPAN — уникальная технология позиционирования подвижных объектов от компании NovAtel // Геопрофи. — 2021. — № 3. — С. 29–32.

3. Воронов А.Н., Никулин Д.А. Сервис коррекции TerraStar — сантиметровая точность без базовых станций // Геопрофи. — 2021. — № 4. — С. 31–35.