

Предисловие главного редактора

УДК 006.91+528.223

**НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НАВИГАЦИИ НА ОСНОВЕ
ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ**

С.И. Донченко

*ФГУП «ВНИИФТРИ», Менделеево, Московская обл.
director@vniiftri.ru*

Обсуждаются технологии комплексных систем бесшовной навигации на основе бесплатформенных инерциальных навигационных систем, дополненных средствами коррекции навигационных решений - глобальными навигационными спутниковыми системами и системами навигации по гравитационному и магнитному полям Земли.

Рассматриваются новые технологии в гравиметрии и магнитометрии.

Ключевые слова: комплексные системы навигации, корреляционно-экстремальные навигационные системы, гравитационные и магнитные измерения, новые технологии.

**NEW NAVIGATION TECHNOLOGIES BASED ON
GEOPHYSICAL FIELDS**

S.I. Donchenko

*FSUE «VNIIFTRI», Mendeleevo, Moscow region.
director@vniiftri.ru*

The technologies of complex navigation systems based on inertial navigation systems, supplemented by means of correcting navigation solutions - global navigation satellite systems and navigation systems for the Earth's gravitational and magnetic fields are discussed. New technologies in gravimetry and magnetometry are considered.

Key words: complex navigation systems, correlation-extreme navigation systems, gravitational and magnetic measurements, new technologies.

29-31 октября 2019 г. в Менделеево Московской области прошла II научно-техническая конференция «Навигация по гравитационному и магнитному полям Земли. Новые технологии». Основной целью конференции было обсуждение текущего состояния и основных направлений развития комплексных систем бесшовной навигации, в том числе - с использованием геофизических полей.

Основным видом применяемых на сегодняшний день помехозащищенных систем навигации являются бесплатформенные инерциальные навигационные системы (БИНС). Однако они имеют ряд недостатков, ограничивающих возможность их применения. Наиболее важный недостаток таких систем состоит в накоплении ошибок на протяженных трассах движения. Это требует

комплексирования БИНС со средствами коррекции навигационных решений. В качестве таковых средств могут использоваться глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС) и системы навигации по геофизическим полям.

Спутниковые системы навигации имеют ряд неоспоримых преимуществ, таких как глобальное покрытие, непрерывность и высокая точность определения местоположения. Однако существуют условия, при которых сигналы ГНСС частично или полностью недоступны (в условиях воздействия искусственных или естественных помех, в условиях высотной городской застройки, под землей, под водой и т.д.).

Для достижения более высокой помехозащищенности автономных систем целесообразен переход к корреляционно-экстремальным навигационным системам (КЭНС), основанным на использовании измерений параметров гравитационного и магнитного полей Земли (ГПЗ и МПЗ). В общем виде эти КЭНС основаны на сравнении измеренных и опорных (картографических) параметров ГПЗ и МПЗ. При этом гравитационное и магнитное поля Земли характеризуются средними и аномальными значениями первых и вторых градиентов потенциалов. Поскольку пространственные распределения характеристик ГПЗ и МПЗ для районов и маршрутов применения средств навигации уникальны и достаточно стабильны, то их текущие измеренные значения можно использовать для навигации.

В последние годы в Российской Федерации и за рубежом это направление активно развивается: разрабатываются новые наземные и космические измерители параметров ГПЗ и МПЗ, в том числе основанные на результатах, полученных при создании высокочувствительных гравитационно-волновых детекторов; совершенствуются и разрабатываются новые алгоритмы навигации, в том числе методы создания опорных карт. Получило развитие направление подготовки карт на основе использования цифровых карт рельефа.

Основой решения задачи определения местоположения с использованием КЭНС являются высокоточные средства измерений ГПЗ и МПЗ. Поэтому созданию таких средств измерений уделяется все больше внимания. Перспективным направлением исследований является создание гравиметров и градиентометров, основанных на принципе интерференции ультрахолодных атомов. Разработанные на этом принципе гравиметры обладают точностью на уровне существующих абсолютных баллистических

гравиметров, однако, оперативность таких измерений на порядок выше. Одновременно с этим ведутся исследования по применению оптических микрорезонаторов с модами щепчущей галереи для создания мобильных гравиметров и акселерометров, которые имеют перспективы микроминиатюризации. Использование малогабаритного зенитного телескопа и цифровой оптической камеры лежит в основе новых измерителей уклонений отвесной линии, которые на сегодняшний день обладают наилучшими метрологическими характеристиками и имеют погрешности на уровне единиц долей угловой секунды. Принцип использования отраженных сигналов ГНСС ГЛОНАСС лежит в основе новой бистатической альтиметрической системы, которая позволяет определять профиль высоты геоида на акваториях.

На страницах нашего журнала неоднократно публиковались статьи об оптических стандартах частоты и времени (СЧВ), разработанных во ФГУП «ВНИИФТРИ». Одно из направлений их практического применения состоит в решении задач гравиметрии: СЧВ лежат в основе квантового нивелира и используются для определения высот (превышений) геоида и составляющих уклонений отвесной линии.

В последнее время интерес исследователей привлекает создание нового поколения малогабаритных, сравнительно недорогих, но очень чувствительных относительных гравиметров, которые основаны на достижениях в разработке гравитационно-волновых антенн. Здесь следует отдельно отметить предложенную российскими учёными, представителями РАН, ФГУП «ВНИИФТРИ» и АО «ИСС им. М.Ф. Решетнева» концепцию космической лазерной интерферометрической гравитационной антенны на основе космических аппаратов, расположенных на орбите ГЛОНАСС. При создании такой космической гравитационно-волновой антенны можно использовать уже существующие заделы, в частности подсистемы контроля и управления спутниками ГЛОНАСС.

Для развития направления комплексной навигации с использованием ГПЗ и МПЗ требуется метрологическое обеспечение соответствующих измерителей, т.е. наличие соответствующей эталонной базы – государственных первичных эталонов, вторичных и рабочих эталонов. В настоящее время во ФГУП «ВНИИФТРИ» и ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» имеется эталонная база магнитной индукции и ускорения свободного падения. Однако метрологическое обеспечение средств измерений уклонений отвесной линии, гравитационных градиентов и разности гравитацион-

ных потенциалов пока отсутствует. Требуется проведение исследований, направленных на их разработку.

Более подробно эти вопросы обсуждаются на страницах данного выпуска «Альманаха».