

О КНИГЕ «НАВИГАЦИЯ ПО ГЕОПОЛЯМ»¹



В последние десятилетия нарастает интерес к автономным средствам навигации. Основными из них являются бесплатформенные инерциальные навигационные системы (БИНС). Но для периодической коррекции дрейфа гироскопов БИНС, как правило, используются неавтономные спутниковые навигационные системы (СНС). СНС обладают безусловными достоинствами: уникальная точность определения координат места, глобальность, всепогодность, независимость от времени суток и года. Однако известен критичный для многих применений недостаток СНС – низкая устойчивость к радиотехническим помехам, обусловленная низким уровнем спутникового сигнала у поверхности Земли.

Единственным полностью автономным, помехоустойчивым, глобальным, независимым от времени и метеоусловий (с некоторыми ограничениями) является метод навигации, основанный на информации о геофизических полях Земли (ГФП). Этот метод пока разработан недостаточно, применяется ограниченно и сильно уступает по точности СНС. Но работы по развитию навигации по ГФП продолжаются, и рассматриваемая книга призвана им способствовать.

Книга содержит введение, пять разделов и перечень литературы из 145 наименований.

Во введении обосновываются решаемые задачи навигации по ГФП и приводится укрупненная классификация рассматриваемых полей: поверхностных (поле рельефа и его частные случаи) и потенциальных (геомагнитное и гравитационное поля).

Первый раздел невелик и посвящен истории создания корреляционно-экстремальных навигационных систем (КЭНС) – датчиков систем навигации по ГФП. В нашей стране задача впервые была рассмотрена А.А. Красовским (впоследствии академиком РАН). Работы были развернуты на руководимой им кафедре в Военно-воздушной академии им. Н.Е. Жуковского и в Раменском ПКБ под руководством главного конструктора Г.И. Джанджгавы (ныне – генеральный конструктор).

¹ Джанджгава Г.И., Августов Л.И. Навигация по геополям. Москва: Научтехлитиздат, 2018. 296 с.
Гироскопия и навигация. Том 26, № 3 (102), 2018

Во втором разделе рассматриваются теоретические основы построения КЭНС с точечным зондированием геофизических полей. Приведены результаты исследования информативности семи видов геофизических полей (пяти поверхностных и двух потенциальных) и оценена точность навигационных определений по этим полям. Показано, что наиболее высокую точность обеспечивают поверхностные поля, оценена их стабильность во времени, зависимость от метеоусловий, от времени года, помехоустойчивость, наличие карт полей и моделей. Проанализированы имеющиеся в стране датчики КЭНС, обеспечивающие навигацию по поверхностным полям.

Анализ потенциальных полей ориентирован на выделение их локальных аномалий, являющихся источниками информации для навигационных определений. С этой точки зрения оценена информативность съемки. Рассмотрена коррекция БИНС по данным КЭНС при различных соотношениях погрешности БИНС и интервала корреляции физического поля. На основе стохастического анализа определена точность оценивания навигационных данных в зависимости от числа измерений, характеристик сигнала и шума. Для инженерной практики с учетом реальных ограничений на параметры аппаратуры и ошибок определения скорости летательного аппарата получена формула, определяющая оптимальное число замеров геополя при обсервации. На этой основе предложены способ выделения аномалий геополя и оценка точности навигационного определения.

Следующие три раздела книги посвящены вопросам навигации по конкретным видам геофизических полей.

Третий раздел содержит информацию о характеристиках навигационной информативности поля рельефа земной поверхности. Описана геоинформационная система «Карта 2011».

Показано, как развитие картографической базы рельефа радикально ускорилось после создания спутниковых систем навигации и дистанционного зондирования Земли и были построены цифровые геоинформационные карты и модели.

Рассмотрены частные случаи навигации на железных дорогах и автострадах, в горах, а также навигации по нестабильным поверхностным полям. Эти материалы основываются на обширных экспериментальных данных, полученных при космической и аэросъемке. Кратко описаны отечественные КЭНС точноно зондирования и используемая в них аппаратура.

В разделе 4 рассматривается навигация по магнитному полю Земли. Из двух потенциальных полей магнитное более информативно, так как более расчленено, чем гравитационное. Но принципиальные особенности магнитного поля Земли осложняют его использование в интересах навигации. Такой особенностью прежде всего является нестабильность поля во времени, вызванная магнитными бурями и геомагнитными пульсациями. Требуют особого внимания помехи, создаваемые собственными магнитными полями носителя КЭНС. Особенность, свойственная всем потенциальным полям, заключается в том, что величина поля зависит от высоты точки измерения над поверхностью Земли, и чем больше высота, тем менее информативно магнитное поле в интересах навигации.

За последние десятилетия выполнен большой объем теоретических и экспериментальных работ по изучению свойств магнитного поля Земли. В книге приведены результаты, полученные в основном Санкт-Петербургским филиалом ИЗМИРАН, Военно-воздушной академией им. Н.Е. Жуковского и Раменским ПКБ. Созданы модели магнитного поля Земли, разработаны методы и средства его измерения, в том числе схемы магнитометрических КЭНС, алгоритмическая база обработки магнитометрической информации. Исследованы

влияние собственных магнитных помех носителя КЭНС и алгоритмы компенсации этих помех. Накоплен огромный опыт магнитометрических измерений с летательных аппаратов в ряде регионов России, зарубежных странах, акваториях Атлантического и Ледовитого океанов.

Вместе с тем к материалам раздела есть замечания методического и редакционного характера. Методическое замечание заключается в том, что теоретический анализ не всегда завершается конкретными выводами и рекомендациями, а они необходимы, поскольку книга адресована разработчикам конкретных систем. Редакционная подготовка раздела выполнена неудовлетворительно: странная фраза явно из какого-то другого текста оказалась на стр. 139, рисунки 4.59–4.61 не удалось обнаружить в книге, хотя в тексте на них есть ссылки, рисунки 4.62–4.64 помещены после рис. 4.65 и удалены на 18 страниц от ссылок на них.

Раздел 5 «Гравиметрические КЭНС» содержит обширные данные о глобальных характеристиках гравитационного поля Земли: модели геопотенциала и первых производных геопотенциала – ускорения силы тяжести и уклонения отвесной линии (УОЛ). Исследуются аномалии гравитационного поля, важные для решения задач навигации, их характеристики и распределение по земному шару. Приведены оценки информативности аномалий гравитационного поля для ряда районов земного шара.

Значительное внимание уделено аппаратным средствам гравитационной КЭНС. При этом достаточно подробно рассмотрены вопросы построения и точностные характеристики наиболее перспективного (но пока в нашей стране не реализованного) датчика – гравитационного градиентометра. Однако за рамками книги остались гравиметры, широко используемые для изучения фигуры Земли, геологоразведки и навигации, в разработке и производстве которых российские фирмы занимают достойное место в мире. Впрочем, подробные материалы по гравиметрам и их использованию содержатся в монографии «Современные методы и средства измерения параметров гравитационного поля Земли», на которую есть ссылка в рассматриваемой книге, и в число большого авторского коллектива монографии входит Л.И. Августов.

Заключение. Авторы ввели в название рассматриваемой книги подзаголовок: «Научно-методические материалы в помощь разработчикам систем автономной навигации с использованием данных о геофизических полях». Это – не монография, к которой предъявляются требования полноты рассматриваемой темы, и тем более не руководство по проектированию. В рамках сформулированной в подзаголовке задачи собран обширный теоретический и экспериментальный материал, который безусловно будет полезен специалистам в области навигации, как тем, кто разрабатывает методы и средства автономной навигации, так и тем, кто планирует их применять.

*В. Г. Пешехонов, академик РАН,
генеральный директор АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор»*