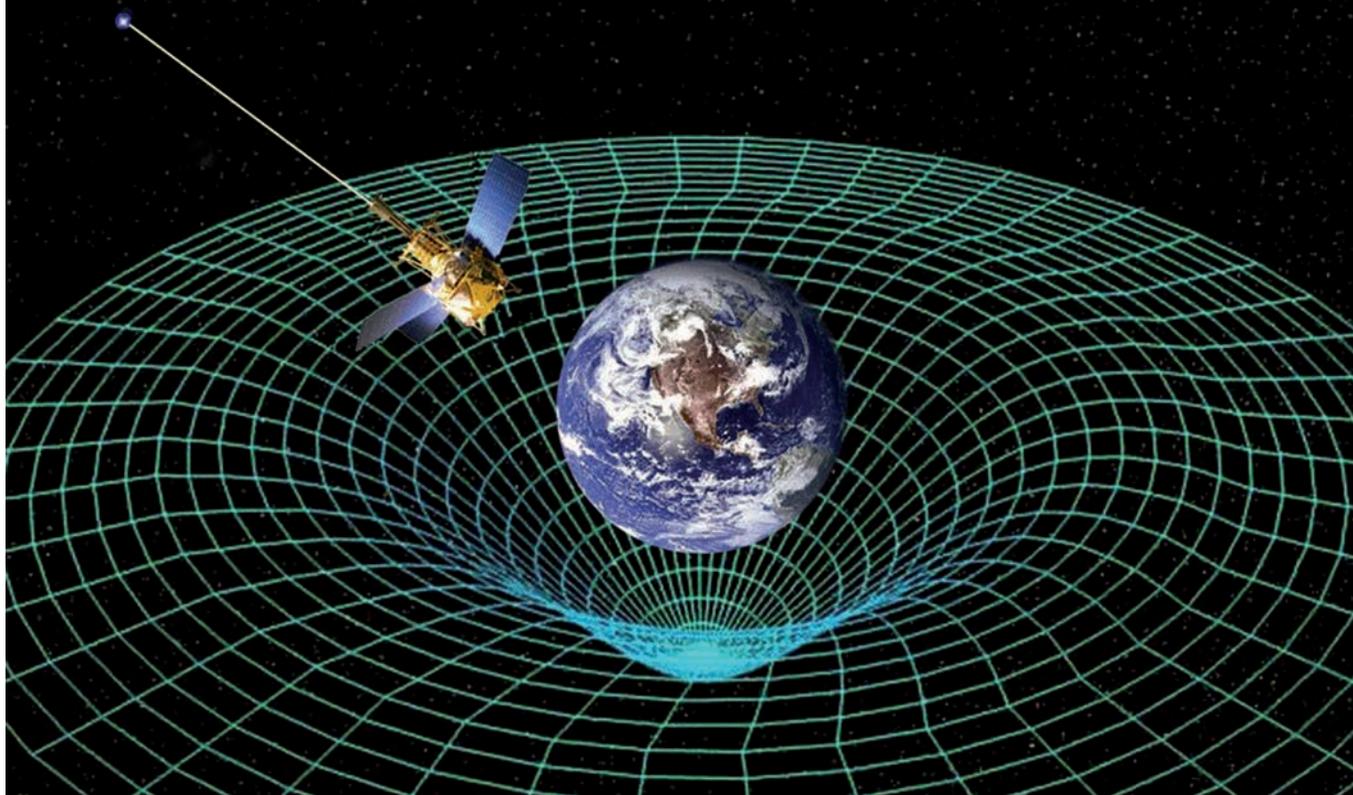


ЖИЗНЬ БЕЗ СПУТНИКОВ



Гравитационное поле Земли

НОВЫЕ СИСТЕМЫ НАВИГАЦИИ

Не прекращается поиск системы, которая будет существенно надежнее спутниковой, в том числе в связи с независимостью работы от климатических условий и наличия каких-либо препятствий (горы, тоннели и т. п.). Ученые отмечают, что речь идет о системе навигации, которая основывается не на получении сигналов от спутников, а на методе гравитационного анализа.

Система навигации (глобального позиционирования) нового поколения, которая при определении координат объекта не будет использовать спутники, прежде всего интересна военным, ведь метод гравитационного определения координат позволит не только ускорить процесс глобального позиционирования для высокоточного оружия, но и повысить его точность в различных средах.

Действительно такая система вряд ли подходит для навигации в классическом понимании — ведь можно потратить много ресурсов на картографирование, но потом микроземлетрясение сместит литосферную плиту на миллиметры — и карта утратит актуальность. Но если координаты цели можно заложить в ГСН в виде гравитационного отпечатка места, снятого дроном накануне, а также прорисовать путь движения ракеты по такой же гравитационной карте, то GPS или Глонасс будет не нужен. Тем более в условиях войны он, скорее всего, будет заглушен.

В ЧЕМ ОН ЗАКЛЮЧАЕТСЯ?

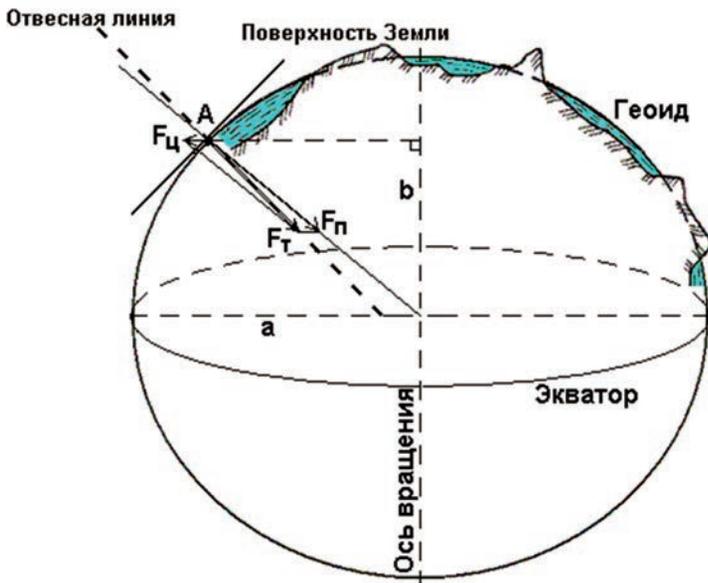
Если говорить упрощенно, то заключается он в учете кривизны земной поверхности. Так, каждая точка поверхности земли испытывает на себе силу притяжения, и эти силы для разных точек отличаются (даже показатели ускорения свободного падения в каждой точке различны — на небольшой процент).

Причина связана в том числе с тем, что точки располагаются на «своих» высотах относительно уровня моря (или под этим уровнем). Точки обладают собственными гравитационными потенциалами. И если все эти параметры учесть математически, то можно с помощью компьютерных технологий создать систему координат — на основе учета гравитационных характеристик

участков поверхности нашей планеты.

Такой подход позволит определять координаты с высокой степенью точности не только на поверхности Земли, но также в любом ее слое, под водой и в небе. На данный момент основная сложность для ученых состоит в том, что построение гравитационной карты координат требует времени, ведь речь идет о многоступенчатых вычислениях, которые должны отличаться высочайшей точностью — минимальной погрешностью.

Гравитационное поле Земли (ГПЗ) отличается от поля идеальной планеты главным образом из-за рельефа земной поверхности и различий пород, слагающих земную кору и верхнюю мантию. Гравитационное поле неоднородно и неизотропно, т. е. его



Геоид — уровенная поверхность Земли. На материальную точку А оказывают влияние две силы: сила притяжения F_p , направленная к центру Земли, и центробежная сила вращения Земли вокруг своей оси $F_{ц}$, направленная от оси вращения по перпендикуляру. Равнодействующая этих сил — сила тяжести F_t

характеристики изменяются в разных местах и по разным направлениям.

В значительно меньшей степени, чем электромагнитное поле, оно изменяется с течением времени из-за тектонических движений и приливного действия тел Солнечной системы. Неоднородность гравитационного поля, безусловно, влияет на движение летательных аппаратов в приземном пространстве и на возможности коррекции инерциальных навигационных систем, на основе гравиметрических карт земли, поскольку изменяется траектория полета и искажаются показания бортовых инерциальных навигационных систем. Неоднородность поля сказывается и на движении низкоорбитальных искусственных спутников Земли (ИСЗ).

Для высокоорбитальных спутников поле притяжения Земли зачастую основано на моделях Земли типа эллипсоида или сфероида, и только в отдельных случаях, в высокоточных субмиллиметровых геодезических выводах учитывается нестационарность гравитационного поля во времени. Возможно-

сти применения данных об аномальном гравитационном поле в баллистических и навигационных расчетах вытекают из относительной стабильности параметров ГПЗ. Однократные измерения отклонений реального поля от нормального по поверхности Земли, эти полученные характеристики можно использовать в течение десятков лет.

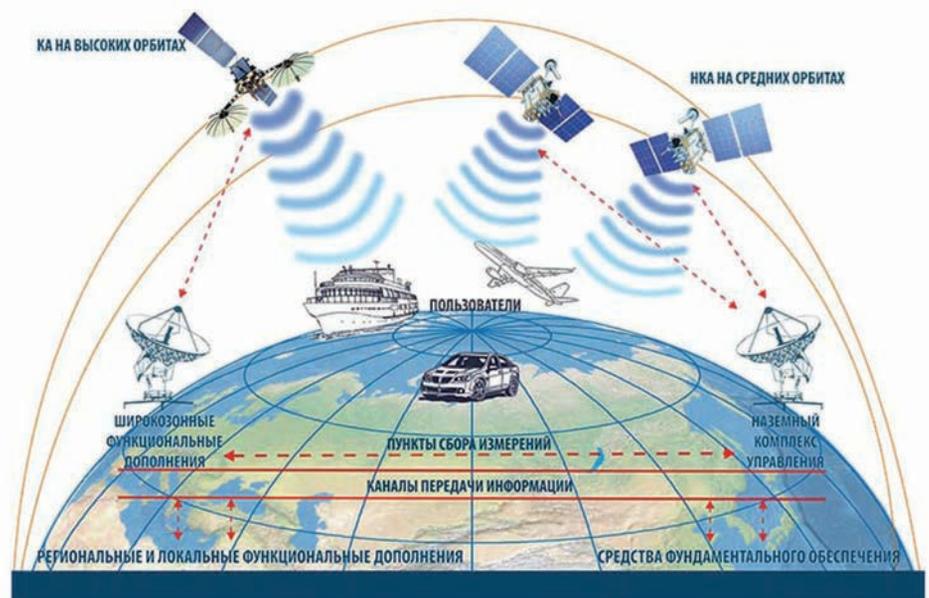
Так используются результаты гравиметрических съемок (в т. ч. гравиметрические карты) и в меньшей степени — схемы уклонов отвесной линии и вариометрические данные (определения горизонтальных градиентов силы тяжести). Известно, что корректировка акселерометров по трем компонентам реального гравитационного поля может улучшить навигационные характеристики до 14 % по положению и до 30 % по скорости.

Например, вся территория России и СНГ покрыта гравиметрической съемкой масштаба 1:1 000 000 с плотностью 1 пункт на 25–30 км² и ошибкой 0,5 см/с². Для расчетов на ЭВМ информацию с гравиметрических карт М 1:200 000 и М 1:1 000 000 осредняют на регулярную сетку аномалий силы тяжести по ячейкам 5' × 7,5' (широта × долгота).

В последние два десятилетия состоялись крупные зарубежные международные проекты по изучению тонкой структуры ГПЗ, многократно возросли детальность и объем доступных данных. В проектах реализованы новые методы: спутниковая альтиметрия (измерение высоты спутника над морской топографической поверхностью), спутниковая градиентометрия (измерение вторых производных потенциала вдоль орбиты низкоорбитального ИСЗ).

Спутниковые данные об аномальном потенциале комбинируют с наземными и получают разложение потенциала притяжения в ряд по сферическим функциям — наиболее традиционный способ представления ГПЗ. Вблизи Земли, на высотах до 10 км, можно использовать данные об аномалии силы тяжести, полученные на поверхности. При этом следует исключить влияние центробежной силы. Далее с увеличением высоты следует учитывать отличие реального градиента силы тяжести от нормального по данным градиентометрии.

Целью обработки авиагравиметрической информации являются высокоточное определение удельной силы тяжести вдоль траектории движения



Система ГЛОНАСС

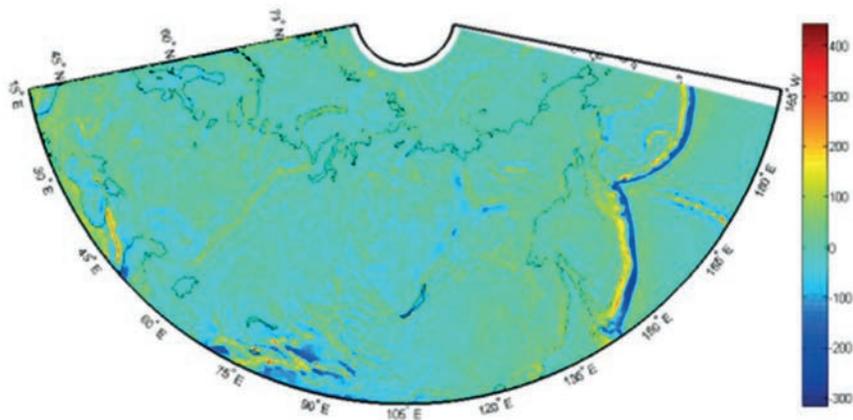
летательного аппарата по измерениям наземно-бортового комплекса и последующее построение карт гравитационных аномалий.

В начале 90-х гг. произошло качественное изменение в авиационной гравиметрии. Начался активный этап разработки и внедрения в практику промышленных авиационных гравиметрических систем. Это было вызвано полноценным развертыванием высокоточной спутниковой навигационной системы GPS с достаточным числом навигационных спутников, равномерно покрывающих земную поверхность; достижениями в микропроцессорной технике, позволившими решить многие проблемы совершенствования чувствительных элементов гравиметрических комплексов, систем регистрации и синхронизации информационных потоков;

качественно новыми возможностями персональных компьютеров; появлением новых возможностей приборной интеграции инерциальных систем навигации с гравиметрами нового поколения; поддержкой гравиметрических проектов на государственном уровне и активным привлечением частных инвестиций.

Входной информацией для обработки служат: записанная на борту летательного аппарата выходная информация инерциальной навигационной системы; измерения гравиметров; показания бортового и наземного приемников спутниковой навигационной системы.

Задача авиагравиметрии относится к классу обратных задач механики — восстановлению сил по движению. Такие задачи, как известно, некорректны с математической точки зрения, что делает их трудно разрешимыми.



Аномалии DTU 2' x 2' на территории России. Информация сайта Дельфтского технологического университета (DTU) с глобальными сетками аномалий в свободном воздухе разрешением 2' x 2'