

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПОСТРОЕНИЯ ГРАВИМЕТРОВ НА ОСНОВЕ НЕТРАДИЦИОННЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ПРИНЦИПОВ

д.т.н., проф. В.К. Копыл

Рассмотрены тенденции развития средств измерения ускорения силы тяжести, даны рекомендации по выбору приоритетных направлений разработки современных транспортабельных гравиметров широкого применения.

Современный этап развития гравиметрии характеризуется возрастающей потребностью в детализации данных о локальной структуре гравитационного поля Земли. Эта тенденция обусловлена расширением областей практического применения информации о значениях ускорения силы тяжести в интересах геодезии, геофизики, метрологии и др. В связи с этим в настоящее время наблюдается значительный интерес к развитию и совершенствованию характеристик средств измерения ускорения силы тяжести.

В создании прецизионных гравиметров, область применения которых ограничивается, главным образом, лабораторными исследованиями и решением задач метрологического обеспечения, на Украине (в ГНПО "Метрология") достигнуты значительные успехи. В то же время отечественные разработки универсальных транспортабельных гравиметров широкого применения находятся в экспериментальной стадии и продолжают сталкиваться с определенными трудностями, связанными с отсутствием научно обоснованной концепции развития средств измерений указанного класса.

Анализируя результаты теоретических и практических достижений современной гравиметрии, можно отметить, что возможности совершенствования технических характеристик транспортабельных гравиметров широкого применения, создаваемых на основе абсолютных баллистического и маятникового методов, в настоящее время практически исчерпаны. Факторами, ограничивающими возможности применения баллистического и маятникового методов, являются значительные масса, габариты, время измерения и стоимость, присущие средствам измерения, созданным на основе указанных методов, а также необходимость учета специфических поправок, связанных с наличием сил трения в элементах конструкций. Относительные статические гравиметры на основе маятниковых чувствительных элемен-

тов, получившие широкое применение в силу невысокой стоимости изготовления и эксплуатации, могут в ближайшее время служить основой для обновления парка полевых гравиметров. Но в силу сравнительно низкой стабильности характеристик во времени и наличия гистерезисных явлений, потенциально достижимые метрологические характеристики таких гравиметров невысоки (например, погрешность измерения составляет 0,05 - 0,1 мГал на неподвижном основании и 0,7 - 2,0 мГал на борту морского судна) [1].

Вместе с тем, ведутся исследования, направленные на разработку теоретических основ построения гравиметров с использованием нетрадиционных физических принципов, не получивших до настоящего времени широкого распространения и признания в гравиметрии. К числу таких принципов могут быть отнесены использование явления сверхпроводимости, жидкостных компонентов, элементов волоконной оптики и гироскопических устройств при создании чувствительных элементов гравиметров.

Химическая инертность сверхпроводников и высокая стабильность их механических свойств определяют возможность повышения точности измерений и постоянства характеристик криогенных гравиметров. Гравиметры на основе сверхпроводящего эффекта характеризуются малым порогом чувствительности (10^{-10} - 10^{-9} г) и имеют линейную градуировочную характеристику, что свидетельствует о потенциальной возможности создания средств измерения, обладающих улучшенными метрологическими характеристиками [2]. Однако, низкая перегрузочная способность и подверженность влиянию возмущающих электромагнитных полей, и технологические трудности, связанные с необходимостью поддержания низкой температуры чувствительных элементов, являются факторами, ограничивающими широкое распространение указанной технологии в гравиметрии. В настоящее время изучается возможность создания гравиметров на основе волоконных оптических датчиков ускорений, достоинствами которых являются широкий динамический диапазон, линейность градуировочной характеристики, а также отсутствие сил трения в элементах конструкции [3]. Однако достигнутый на современном этапе развития науки и техники порог чувствительности волоконных оптических датчиков ускорений (10^{-7} - 10^{-6} г) и наличие малоизученных механических резонансных эффектов в сенсорных устройствах не позволяют применить в настоящее время рассматриваемую технологию при создании гравиметров.

В экспериментальной стадии находятся работы, направленные на изучение возможности создания чувствительных элементов гравиметров с применением жидкостных компонентов. Основные преимущества указанных чувствительных элементов это высокая перегрузочная способность, отсутствие сил сухого трения, инвариантность к электромагнитным излучениям, а также

малое время переходного процесса. Но до настоящего времени не подвергнуты детальному изучению динамические процессы и механизмы влияния внутренних дестабилизирующих факторов, во многом определяющие совокупность метрологических и эксплуатационных характеристик гравиметра в целом.

Определенный интерес представляет рассмотрение возможности применения гироскопических интеграторов линейных ускорений для измерения ускорения силы тяжести. Следует отметить, что наряду с высокой степенью проработки и изученности математических моделей, гироскопические гравиметры характеризуются эффектами накопления систематических погрешностей, высоким энергопотреблением и массой, а также подвержены влиянию импульсных механических нагрузок, что ограничивает возможность применения таких средств измерений в составе автономных транспортабельных гравиметрических систем.

Следовательно, анализ перспективных направлений создания гравиметров позволяет сделать следующие выводы. Практическое использование криогенных чувствительных элементов в гравиметрах будет зависеть от результатов изучения физических процессов, протекающих в сверхпроводниках, и от совершенствовании технологии поддержания элементов в сверхпроводящем состоянии. Применение чувствительных элементов на основе жидкостного компонента открывает возможности создания транспортабельных гравиметров с высокими эксплуатационными характеристиками, но требует проведения значительного объема исследований, направленных на моделирование и анализ характеристик чувствительных элементов.

Построение средств измерения ускорения силы тяжести на основе статических маятниковых чувствительных элементов может быть переходным этапом в создании гравиметров нового поколения, не требуя значительных затрат на разработку новых теоретических основ и принципов построения. Весьма перспективной технологией для отечественного приборостроения является использование в гравиметрии элементов волоконной оптики. Однако возможность практического применения волоконных оптических датчиков ускорений будут зависеть от промышленного освоения элементной базы этих устройств, а также результатов разработки новых эффективных методов компенсации возмущений и повышения точности измерений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гравиметрические морские исследования / Под ред. Строева П.А. – М.: ГАИ МГУ, 1994. – 170 с.
2. Колодеев И.Д., Комаров В.Н. Сверхпроводящие гравиинерционные измерители. – Харьков: ХВВКИУРВ, 1991. – 208 с.

3. Световодные датчики./ Красюк Б.А., Семенов О.Г., Шереметьев А.Г.
и др. – М.: Машиностроение, 1990. – 256 с.
