

## ПРОБЛЕМЫ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГИРОСКОПИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ НАЗЕМНЫХ ПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТОВ

В.М. Анохин, С.В. Герасимов, И.Е. Бакулин  
(Объединенный научно-исследовательский институт ВС Украины, Харьков)

*Рассмотрены проблемные вопросы, связанные с метрологическим обеспечением гироскопических приборов, входящих в состав инерциальных навигационных систем (ИНС) наземных подвижных объектов (ПО). Определены направления совершенствования метрологического обеспечения гироскопов.*

***метрологическое обеспечение, гироскопические приборы, наземные подвижные объекты***

**Постановка проблемы.** Акселерометры и гироскопы (в дальнейшем гироскопы) в настоящее время широко используются в ИНС наземных ПО различного назначения, при этом требования к их точности непрерывно растут. В достижении высоких качественных показателей гироскопов на всех этапах их жизненного цикла (разработки, производства, испытаний и эксплуатации) важная роль отводится их метрологическому обеспечению. Однако, на Украине и нормативная, и организационная, и особенно техническая составляющие метрологического обеспечения гироскопов инерциальных навигационных систем в значительной степени являются нерешенными задачами.

**Анализ литературы.** Анализ работ [1 – 3] показал, что нерешенность в настоящее время на Украине основных задач по метрологическому обеспечению гироскопов с одной стороны связана с тем, что вообще метрология и гироскопия долгое время развивались обособленно, в каждой из них сложились свои устойчивые понятия и представления, а с другой стороны с тем, что за время экономических и социальных преобразований в Украине наметилось значительное отставание от общемировых процессов развития метрологического обеспечения гироскопии. Основная направленность метрологического обеспечения гироскопов наземных ПО сводится к достижению единства измерений сверхмалых и малых угловых скоростей и угловых ускорений в статическом и динамическом режимах, а также направлений их векторов.

**Целью статьи** является рассмотрение проблемных вопросов, связанных с метрологическим обеспечением гироскопов в целом и осо-

бенностями его для наземных ПО различного назначения, и разработка предложений по его совершенствованию.

**Основная часть.** При метрологическом обеспечении гироскопов и акселерометров требуется решить следующие задачи.

Входными величинами для рассматриваемых гироскопов являются угловые скорости и ускорения. При этом возникает необходимость воспроизведения единиц угловых скоростей и ускорений в требуемых диапазонах. Перечисленные входные величины являются векторами, поэтому появляется необходимость воспроизведения параметров, характеризующих направления векторов угловых скоростей и ускорений.

Так как при работе гироскопов и акселерометров угловые скорости и ускорения изменяются во времени, вытекает задача воспроизведения переменных угловых скоростей и ускорений, то есть определения частотных характеристик гироскопов и акселерометров.

При разработке и производстве гироскопов возникает необходимость физического моделирования реальных условий их работы, что связано с задачей оценки воздействия влияющих величин (ускорений, вибраций, температуры, магнитных и электрических полей и т.п.).

Первые три задачи непосредственно связаны с созданием системы централизованного воспроизведения единиц и передачи их размеров на государственном уровне. Это требует разработки высокоточных методов сравнения и создания на их базе специальных эталонов единиц физических величин гироскопии.

Во главе системы централизованного воспроизведения единицы угловой скорости и передачи её размера в СССР находился Государственный специальный эталон (ГОСТ 8.288-78), состоящий из комплекса следующих средств измерений:

1) измерительной системы, включающей в себя автоколлимационный преобразователь и блоки обработки информации;

2) устройства для задания малых угловых скоростей, включающего в себя механизм рычажного типа и управляемый прецизионный электропривод.

Общесоюзная поверочная схема (ГОСТ 8.288-78) устанавливала порядок передачи размера единицы угловой скорости в диапазоне от  $5 \cdot 10^{-8}$  до  $2,5 \cdot 10^{-4}$  рад/с, что удовлетворяет требованиям к гироскопам наземных ПО. Создание аналогичного украинского эталона на современных принципах воспроизведения единицы угловой скорости в диапазоне изменения угловых скоростей наземных ПО является актуальной задачей, решение которой даст дополнительные возможности по созданию соответствующих гироскопов, необходимость в которых существует.

Большим прорывом в области метрологического обеспечения гироскопии на Украине можно считать создание в Национальном научном

центре «Институт метрологии» государственного первичного эталона единицы ускорения метра на секунду в квадрате. Данный эталон предназначен для воспроизведения и хранения единицы ускорения в трёх взаимоперпендикулярных координатах и передачи размера этой единицы рабочим эталонам и рабочим средствам измерительной техники. Он состоит из калибратора колебательного КК-2 и калибратора наклонно-вращающегося КНВ-1. В основу измерения положена единица линейного ускорения –  $1 \text{ м/с}^2$ .

Диапазон значений ускорения, воспроизводимый калибратором КК-2, составляет:

- по оси X на частоте приблизительно 0,64 Гц – от 0,005  $\text{м/с}^2$  до 3  $\text{м/с}^2$ ;
- по оси Z на частоте приблизительно 1,28 Гц – от 0,0005  $\text{м/с}^2$  до 1  $\text{м/с}^2$ .

Диапазон значений ускорения, воспроизводимый калибратором КНВ-1, составляет от 0,5  $\text{м/с}^2$  до 9,81  $\text{м/с}^2$  по осям, перпендикулярным к оси вращения в диапазоне частот от 0,001 Гц до 10 Гц.

В настоящее время в Национальном научном центре «Институт метрологии» разработана Государственная поверочная схема для средств измерения виброускорения в диапазоне частот от 0,001 Гц до 10 Гц с использованием данного эталона. Кроме того, в соответствии с приказом Государственного Комитета Украины по вопросам технического регулирования и потребительской политики № 265 от 16 сентября 2005 г, утвержден ГОСТ 4452:2005 «Метрология. Государственная поверочная схема для средств измерения виброускорения в диапазоне частот от 0,001 Гц до 10 Гц», который будет введен в действие с 1 июля 2006 г.

Исходя из технических возможностей разработанного эталона можно сделать вывод о том, что последний позволяет проводить метрологическое обеспечение низкочастотных акселерометров, входящих в состав ИНС наземных ПО различного назначения.

Рассмотрим возможность метрологического обеспечения гироскопов, входящих в состав ИНС наземных ПО.

На сегодняшний день в Украине отсутствует техническая основа метрологического обеспечения гироскопов. Однако, используя опыт метрологического обеспечения гироскопов в бывшем СССР, можно предложить для измерения малых угловых скоростей метод фиксированного времени и угла. Из-за своей простоты этот метод получил широкое применение на практике.

Метод фиксированного времени основан на измерениях углов поворота платформы через заданные (фиксированные) промежутки времени. Если при этом угол поворота платформы преобразуется в количество импульсов, то измеряемая угловая скорость непосредственно преобразуется в количество импульсов, то измеряемая угловая скорость непосредствен-

но преобразуется в частоту. В этом состоит удобство применения данного метода, так как частоту с приемлемой для практики точностью в большинстве случаев измерить не сложно. Метод фиксированного угла основан на измерениях времени поворота на заранее определенный угол. Таким образом, в отличие от методов сравнения с угловой скоростью Земли рассматриваемые методы связаны с точными угловыми измерениями.

В качестве рабочих эталонов малых угловых скоростей можно использовать сканирующие автоколлиматоры, так как они имеют ряд достоинств: высокую чувствительность, инвариантность к линейным вибрациям, невысокую массу за счет применения минимальных по массе чувствительных элементов – зеркал. В качестве примера применения коллимирующих систем можно привести образцовое средство измерений малых угловых скоростей ОСИМС-2, которое предназначено для измерений скоростей уходов гиросtabilизированных платформ по трем осям одновременно, используемое, например в России. Устройство имеет следующие характеристики:

- диапазон измеряемых скоростей 1...20°/мин;
- точность удовлетворяет требованиям, которые предъявлялись к образцовым средствам измерений первого разряда (ГОСТ 8.288-78);
- масса подвижной части, жестко связанной с платформой, не превосходит 0,1 кг (один канал).

Аналогичные приборы, более современные, основанные на цифровой обработке сигналов, могут быть разработаны и в Украине.

**Выводы.** На основании проведенного анализа можно сделать вывод, что для метрологического обслуживания акселерометров, входящих в состав ИНС наземных ПО, возможно использование рассмотренного выше государственного первичного эталона единицы ускорения, а для метрологического обслуживания гироскопов перспективно использование сканирующих автоколлиматоров, основанных на методе фиксированного времени и угла.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Спиридонов А.И., Кулагин Ю.Н., Кузьмин М.В. *Проверка геодезических приборов*. – М.: Недра, 1981. – 159 с.
2. Чинков В.М. *Основы метрології та вимірювальної техніки: Підручник*. – Х.: ХВУ, 2001. – 424 с.
3. Иванов В.А. *Метрологическое обеспечение гироскопов*. – Л.: Судостроение, 1983. – 180 с.

Поступила 3.11.2005

**Рецензент:** доктор технических наук, ст. научный сотрудник В.И. Антюфеев,  
Объединенный научно-исследовательский институт ВС Украины, Харьков