

УДК 681.51

КАЛИБРОВКА ИНЕРЦИАЛЬНЫХ ДАТЧИКОВ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОРИЕНТАЦИИ ИНЕРЦИАЛЬНОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

Бабич А.А.
Университет ИТМО

Научный руководитель – к.т.н. Драницина Е.В.
Университет ИТМО

В данном докладе рассмотрены бескарданные инерциальные навигационные системы и существующие методы калибровки.

Введение. Бескарданные инерциальные навигационные системы (БИНС) - основа современных и перспективных бортовых навигационных устройств для мобильных объектов разного назначения. При переходе к бескарданной технологии значительная доля нагрузки по обеспечению требуемой точности инерциальной системы приходится на чувствительные элементы (ЧЭ): акселерометры и гироскопы, которые в таком случае работают в большом диапазоне угловых скоростей и линейных ускорений. Точность БИНС определяется уровнем инструментальных погрешностей гироскопов и акселерометров. Поэтому калибровка инерциальных датчиков является неотъемлемой частью технологического процесса изготовления БИНС, так как обеспечивает реализацию потенциальной точности ЧЭ, на основе которых строится БИНС

Цель работы: Создание методики калибровки микромеханических инерциальных датчиков по результатам решения задачи ориентации ИНС, построенной на их основе.

Основная часть. Калибровка является неотъемлемой частью процесса производства любой БИНС и позволяет обеспечить потенциальную точность входящих в ее состав инерциальных датчиков (ИД) - акселерометров и гироскопов. Чаще всего калибровка осуществляется по прямым измерениям, т.е. изделие устанавливается на стенд (имитатор движения) и коэффициенты модели погрешностей оцениваются путём сравнения задаваемых стендом величин с измеряемыми ИД. Для этого необходимо специальное оборудование - имитатор движения, которое должно обеспечивать задание измеряемых ИД величин - угловой скорости и линейного ускорения с точностью в 3-5 раз лучше требуемой точности калибровки. Имитаторы движения являются сложными электромеханическими изделиями и, соответственно, довольно дорогими, особенно, если идёт речь о калибровке ИД навигационного класса точности. Поэтому в настоящее время актуальной является задача калибровки по косвенным измерениям. Среди таких методов можно выделить скалярную калибровку, калибровку по навигационному решению ИНС и калибровку с использованием решения задачи ориентации ИНС. Последние два метода интересны тем, что не требуют специализированного оборудования, в данном случае не требуется точное задание скорости и углового положения, т.к. задаваемая динамика используется для обеспечения наблюдаемости.

Калибровка по прямым измерениям - проекции измеряемого вектора на оси измерения используются в качестве эталонных данных. Скалярная калибровка - в качестве эталонных данных применяется не вектор, а скаляр, который функционально связан с этим вектором - скалярное произведение вектора на самого себя. Калибровка по решению задачи ориентации - компоненты вектора ускорения силы тяжести на оси географической системы координат применяются в качестве справочных данных. Калибровка по навигационному решению БИНС - линейные скорости и географические координаты начала системы координат, связанной с ИИМ БИНС, применяются в качестве справочных данных. Калибровку по навигационному решению и по решению задачи ориентации стоит использовать, только после калибровки по прямым измерениям для повышения точности.

Блок инерциальных измерений содержит в себе, обычно, 3 измерителя угловой скорости (гироскопа) с перпендикулярной чувствительностью друг к другу (с точностью до

инструментальных погрешностей), 3 измерителя удельной силы (акселерометр), датчики температуры, электронику и вычислитель. В вычислителе БИНС совершается интегрирование уравнений перемещения твёрдого тела с учётом исходных факторов, перемещения опорной системы координат (обычно связанной с вращающейся Землёй) и гравитационных сил, которые не измеряются датчиками. В итоге на базе показаний инерциальных датчиков происходит решение задачи ориентации, а конкретно, рассчитываются ориентация объекта сравнительно опорного трёхгранника (матрицы либо кватернион ориентации, углы курса, крен, тангаж).

Необходимым условием наблюдаемости и неплохой обусловленности является наличие поворотов вокруг каждой из осей прибора, при которых ось вращения близка к горизонту.

Преимущества калибровки по решению задачи ориентации:

- Осуществимость калибровки на грубых одноосных стендах, которые не обеспечивают большой точности регулировки угловых положений, угловых скоростей и не имеют счетчиков этих характеристик.
- Отсутствие жёстких условий к проекту операций, очередности и характеристикам перемещения.
- Единый метод обработки опыта самостоятельно вне зависимости от вида перемещения и углового положения, без деления на этапы.
- Большие возможности для расширения модели уравнений ошибок.

Недостатки калибровки по решению задачи ориентации:

- Для грубых ИИМ при интегрировании уравнения ориентации небольшие угловые ошибки могут выходить за границы линейной зоны по величине.
- Это требует точной первоначальной выставки БИНС.

Выводы. В данной статье были описаны модели погрешностей микромеханических инерциальных датчиков. Был проведен обзор имеющихся методов калибровки ИД. Подробно рассмотрен метод калибровки по решению задачи ориентации ИНС и перечисляются возможные преимущества и недостатки этого метода, в том числе и разработанной модели. Продемонстрирована эффективность данной методики. Результат моделирования показывает, что все коэффициенты модели погрешности наблюдаемы.

Список литературы

1. Драницына, Е.В. КАЛИБРОВКА ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО МОДУЛЯ ПРЕЦИЗИОННОЙ БИНС НА ВОЛОКОННООПТИЧЕСКИХ ГИРОСКОПАХ. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук: 05.11.03 – Приборы навигации. – Санкт-Петербург.– 2016.
2. Егоров, Д.А. Калибровка датчиков угловой скорости на базе волоконнооптических гироскопов / Д.А. Егоров, Е.В. Погуляй // Материалы докладов IX научно-технической конференции молодых ученых "Навигация и управление движением", 2007. – С.155–159.
3. Емельянцева, Г.И. О калибровке измерительного модуля прецизионной БИНС и построении связанного с ним ортогонального трёхгранника / Г.И. Емельянцева, Б.А. Блажнов, Е.В. Драницына, А.П. Степанов // Гироскопия и навигация. – 2016. – № 1(92). – С. 36–48.

Бабич А.А.

Драницына Е.В. (научный руководитель)