

Методика оценки погрешностей ИСНС на базе испытательной аппаратуры ОКР «Инерция»

© Авторы, 2015

© ЗАО «Издательство «Радиотехника», 2015

Ю.М. Инчагов – инженер-программист, ЗАО «КБ НАВИС»

E-mail: inchagov_ym@navis.ru

А.Ю. Шатилов – начальник отделения, БТ ИНС, ЗАО «КБ НАВИС»

E-mail: shatilov@navis.ru

И.А. Нагин – вед. инженер, ЗАО «КБ НАВИС»

E-mail: nagin_ia@navis.ru

Д.С. Печерица – мл. науч. сотрудник, «ГНМЦ МО»

E-mail: pecheritsa_ds@vniifrti.ru

Представлена методика оценки погрешностей инерциально-спутниковых навигационных систем с использованием высокоточной испытательной аппаратуры. Проведены исследования погрешностей ИСНС «SPATIAL» производства «Advanced Navigation», результаты исследования представлены в статье.

Ключевые слова: навигационные системы, методика оценки погрешностей, инерциально-спутниковые навигационные системы, динамической стенд.

INSNS errors estimation methodology using high accuracy experimental equipment has been introduced. The main methodology idea is to use synchronous scenarios for dynamical equipment and GNSS imitation unit. Results of errors estimation using developed methodology were presented for INSNS "Advanced Navigation SPATIAL".

Keywords: navigational systems, errors estimation methodology, inertial-satellite navigation system, dynamical equipment.

Одно из перспективных направлений развития навигационных комплексов – разработка инерциально-спутниковых навигационных систем (ИСНС), в которых совместно обрабатываются сигналы инерциальной навигационной системы (ИНС) и навигационной аппаратуры потребителя спутниковых радионавигационных систем (СНС). Системы ИНС и СНС обладают как преимуществами, так и недостатками. Цель комплексирования – совмещение преимуществ каждой системы и, в результате, получение навигационной системы с лучшими характеристиками.

В процессе разработки ИСНС необходима оценка погрешностей работы готовой системы. Это можно сделать, воспользовавшись специальной испытательной аппаратурой, развернутой в рамках ОКР «Инерция». Особое внимание следует уделить методике оценки погрешностей. Методика должна учитывать специфику работы с испытательным оборудованием и особенности функционирования ИСНС.

Цель работы – разработка методики оценивания погрешностей ИСНС на базе испытательной аппаратуры, развернутой при выполнении ОКР «Инерция». Особенностью данной работы является желание упростить и формализовать работу с испытательной аппаратурой для быстрого и качественного оценивания характеристик ИСНС.

Испытательная аппаратура включает в себя динамические стенды

- Стенд линейных перемещений (СЛП), обеспечивающий повторяемость траектории с погрешностью менее 1 мм. Предельные значения по положению $\pm 1,5$ м, по скорости 1,5 м/с, по ускорению 1 м/с².
- Трехосный поворотный стол, обеспечивающий точность углового положения 10 уг.с.
- Стойки управления режимами работы каждого из стендов.
- Автоматизированное рабочее место оператора (далее АРМ); блок имитации СН-3805М, блок сопряжения и блок коммутатора-усилителя, осуществляющие формирование навигационного поля и синхронизацию работы испытательной аппаратуры, а также ПК для удаленного управления динамическими стендами.

Предельные значения угловой скорости 400 (внутренняя ось), 400, 200 град/с. Предельные значения углового ускорения 2000 (внутренняя ось), 250, 250 град/с².

Методика оценивания погрешностей ИЧС

- Необходимо обеспечить динамическое воздействие на инерциальный модуль, входящий в состав ИЧС. Динамическое воздействие должно быть известным (с целью сравнения с ним оценок ИЧС) и повторяемым (для набора статистики). Однако в состав ИЧС входит приемник спутниковых радионавигационных систем (СНС) и поэтому принимаемое приемником радионавигационное поле должно соответствовать динамическому воздействию. Это означает, что при использовании имитатора СНС сценарий имитатора должен соответствовать сценарию движения для динамического стенда.
- Необходимо решить задачу обеспечения временной синхронизации исполнения сценария динамического стенда и сценария имитатора СНС. В качестве источника сигнала опорной частоты используется имитатор СНС, 10 МГц которого преобразуются с помощью блока сопряжения в 10 кГц сигнала опорной частоты для динамических стендов. Синхронность запуска сценариев стенда и имитатора СНС обеспечивается выдачей сигнала триггера запуска через блок сопряжения (рис. 1).

При работе ИЧС формирует оценки навигационных параметров потребителей с некоторыми погрешностями. Под погрешностями ИЧС понимается погрешность определения координат, скорости и углов ориентации (углы крена, тангажа и курса) относительно истинных. Совокупность истинных времени, положения, скорости и углов ориентации, задаваемых для устройств имитации, будем называть истинным вектором состояния (ИВС).

Необходимо множество преобразований систем координат (СК). Далее под СК ИВС будем понимать систему координат, в которой задается истинный вектор состояния (ИВС), под СК ИЧС – систему координат, в которой выдает измерения ИЧС.

При преобразовании СК сформированного ИВС необходимо знать координаты стенда, а также начальные углы тангажа, крена и курса для использования этих данных при создании сценария имитации.

Разработанный пакет скриптов для среды «MATLAB» позволяет быстро и автоматически выполнять следующие задачи

- сформировать ИВС и конвертировать в файл сценария динамического стенда;
- преобразовать СК, а именно СК ИВС в СК ECEF (геоцентрическая связанная с Землей СК) для создания сценария имитации СНС, СК ИВС в СК ENU (геодезическая СК, Восток-Север-Верх) для последующего сравнения с результатами ИЧС, а также СК ИЧС в СК ENU для сравнения с исходной траекторией [1];
- синхронизировать полученные оценки ИЧС с исходной траекторией для получения оценок погрешностей по положению, скорости и углам ориентации между ИВС и данными с ИЧС.

Для создания сценария имитации имитатора СНС СН-3805М используется ПО «GG HUNTER».

На рис. 2 представлена схема методики.

Проведение испытаний. Для подтверждения работоспособности методики оценки погрешностей ИЧС были проведены испытания на базе испытательного оборудования ОКР «Инерция». При проведении испытаний был задействован стенд линейных перемещений (СЛП).

На подготовительном этапе был сформирован ИВС с учетом ограничений стенда СЛП (рис. 3).

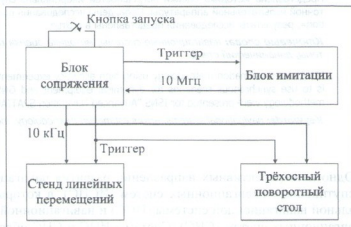


Рис. 1. Схема обеспечения временной синхронизации

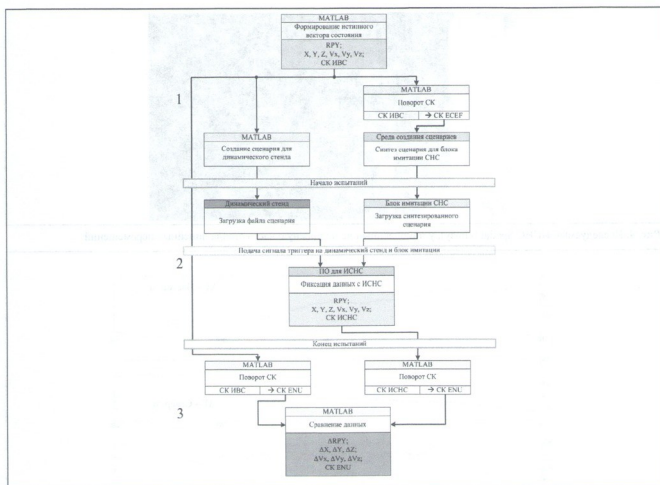


Рис. 2. Схема методики ценивания погрешностей ИНС

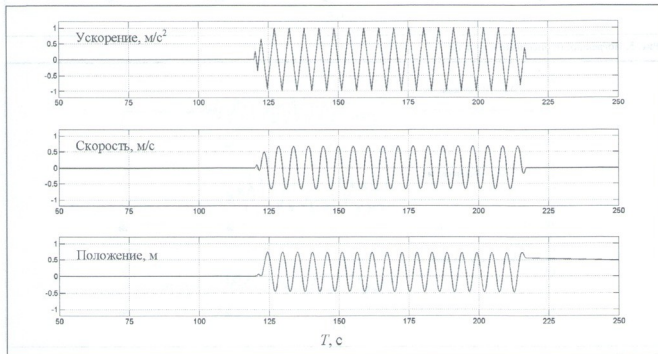


Рис. 3. Истинный вектор состояния. Изменение положения X , скорости V , ускорения A в зависимости от времени T

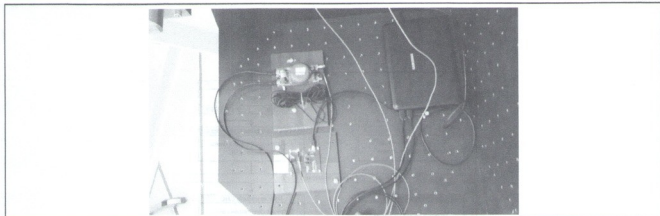


Рис. 4. Исследуемый ИСНС Spatial (внизу), установленный на подвижную часть стэнда линейных перемещений

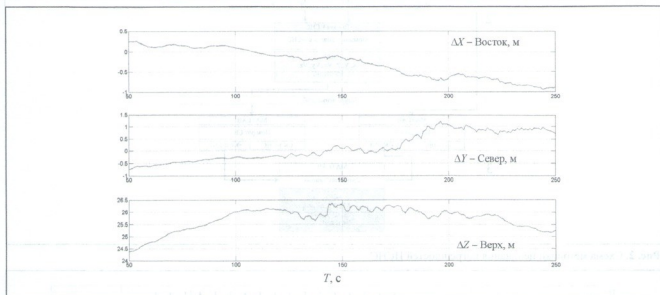


Рис. 5. Погрешности оценивания координат

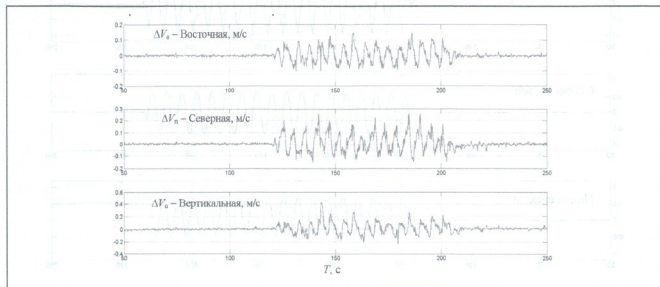


Рис. 6. Погрешности оценивания скоростей

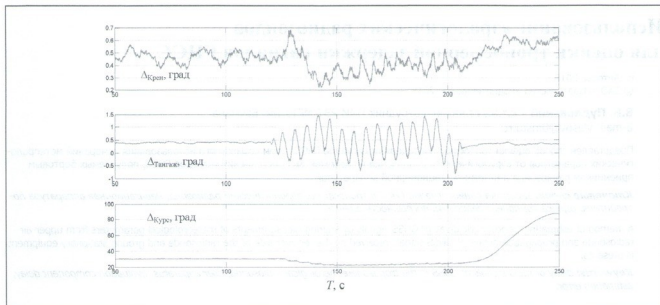


Рис. 7. Погрешности оценивания углов ориентации

Затем были сформированы сценарии для динамического стенда и блока имитации СНС. Сценарии были загружены на динамический стенд и на блок имитации СН-3805М. На поверхность движущейся части СЛП было закреплено испытуемое ИСНС Spatial производства Advanced Navigation (рис. 4).

Нажатием кнопки запуска было начато воспроизведение сценариев динамического стенда и блока имитации СНС. Во время воспроизведения сценария фиксировались оценки ИСНС. После завершения сценария были обработаны полученные данные и найдены оценки погрешности ИСНС.

На рис. 5–7 приведены полученные оценки погрешностей определения координат, скоростей, углов ориентации.

Погрешность определения координат не превысила 1 метра по восточной и северной составляющим, по высоте погрешность составила 25 метров. Погрешность определения скоростей не превысила 0.15, 0.3, 0.5 м/с для восточной, северной и вертикальной составляющей соответственно. Погрешность определения углов ориентации не превысила 0.7, 1.5 град. по углам крена, тангажа. При наличии линейной динамики курс был оценён с погрешностью не более 25 град. На стоповом участке погрешность курса возросла до 90 град. за 50 с.

В процессе выполнения работы была разработана методика оценки погрешностей ИСНС с использованием аппаратуры ОКР «Инерция». Особенностью методики является обеспечение синхронности изменения создаваемого имитатором СНС радионавигационного поля и формируемого при помощи стенда динамического воздействия. Воспроизводимые динамическим стендом и имитатором СНС сценарии формируются из единого набора данных, описывающих траекторию движения потребителя.

Формирование сценариев и обработка результатов испытаний производятся при помощи разработанного пакета скриптов для среды «MATLAB», что позволяет существенно сократить время выполнения этих задач.

Для подтверждения работоспособности методики были проведены испытания и получены оценки погрешностей ИСНС Spatial. Результаты подтверждают правильность выбранного подхода.

Литература

1. ГЛОНАСС. Принципы построения и функционирования / Под. ред. А.И. Перова, В.Н. Харисова. Изд. 3-е, перераб. М.: Радиотехника, 2005.

Радиолокация
и радиометрия

Методы и средства
оптоэлектроники
в радиофизике

Системы
радиоуправления

Антенны и техника СВЧ

Робототехника

Биомедицинская
электроника

Технологии
живых
систем

Новые
информационные
технологии

Нейрокомпьютинг

Нанотехнологии

Информационные
и измерительные
системы

Радионавигационные технологии



УДК 629.78
ББК 39.67
П 15

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СЕРИИ

Редакционный совет:

д.ф.-м.н., проф. О.В. Бешкий, акад. Ю.В. Гуляев, д.т.н., проф. А.Ю. Гринев, д.т.н., проф. Ю.Л. Козирацкий, д.т.н., проф. Г.С. Кондратенков, д.т.н., проф. А.В. Коренной, д.т.н., д.б.н. И.В. Матвейчук, д.т.н., проф. В.И. Меркулов, д.т.н., проф. А.И. Перов, к.б.н. А.В. Савельев, акад. А.С. Сигов, д.т.н. проф. М.С. Ярлык

Выпуск 4

Серия «Радиосвязь и радионавигация»

Рецензент:

докт. техн. наук, профессор *В.Н. Харисов* (ОАО «ВНИИР Прогресс»)

П 15 Радионавигационные технологии. Сб. статей. / Под ред. *А.И. Перова*. – М.: Радиотехника, 2015. – 144 с.: ил. Научно-технические серии. Вып. 4. Серия «Радиосвязь и радионавигация». (Авторы указаны на с. 144)

ISBN 978-5-93108-096-3

Отражены теоретические вопросы спутниковой навигации, технологии перспективной системы ГЛОНАСС, показаны результаты экспериментальных исследований технологий спутниковой навигации; рассмотрены вопросы мониторинга навигационных сигналов; даны приложения технологий спутниковой навигации в различных областях. Книга подготовлена по материалам научно-технической конференции «Радионавигационные технологии в приборостроении» (сентябрь 2014 г.).

Для научных работников и инженеров, а также преподавателей и студентов вузов.

УДК 629.78
ББК 39.67

ISBN 978-5-93108-096-3

© Авторы, 2015

© ЗАО «Издательство «Радиотехника», 2015