

ЗБІРНИК
НАУКОВИХ ПРАЦЬ
ОДЕСЬКОГО ОРДЕНА ЛЕНІНА
ІНСТИТУТУ СУХОПУТНИХ
ВІЙСЬК

№ 12

горизонтальних оребрених трубах конденсаторів військових мобільних холодильних установок...	88
Розвод Р.С. Методика визначення основних технічних характеристик електрохімічного генератора для військових та спеціальних гусеничних машин.....	93
Рудаков С.В., Фролов В.Я., Левченко А.О. Исследование точностных характеристик навигационной системы с переменным составом используемого вектора измерений.....	99
Сидоренко І.І. Віброізолюючий пристрій з коригувальною ланкою.....	103
Скачков В.В., Стець В.В. Дослідження ефективності адаптивної системи виявлення радіолокаційних цілей, локально-інваріантної до просторового положення джерел активних шумових завад.....	108
Становский А.Л., Савельева О.С., Моргось Н.Н. Повышение надежности перевозок сыпучих грузов.....	112
Становский А.Л., Плачинда О.Е., Стадник И.Л. Моделирование надежности компьютерных сетей.....	115
Троцко М.Л. Анализ элементной базы для аппаратной реализации нейровычислителей контура управления управляемой меры частоты и времени.....	118
Трушков Г.В. Аналіз залежностей зміни характеристик діаграми спрямованості антени снар від зміни закону амплітудного розподілу на розкритті її антени.....	121
Черный М.А., Левченко А.О. Оптимизация уровня загрузки каналов передачи данных большой протяженности корпоративных компьютерных сетей.....	127
Чинков В.М., Крихтін Ю.О. Застосування сигналів з нормованим спектром для метрологічного забезпечення засобів вимірювальної техніки.....	132
Чинков В.М., Сиренне В.С. Напівмарковська модель метрологічного обслуговування типу засобу вимірювальної техніки військового призначення.....	136
Шарипова И.В., Левченко А.О. Комплексная оценка качества систем контроля средств измерений медицинского назначения при метрологической экспертизе.....	142
Шелухін С.В., Кондратюк І.О. Методика оцінки ефективності засобів забезпечення стрільби артилерійських комплексів.....	146
Беліков В.Т., Дяченко О.Ф., Філь М.О., Константинов М.І. Аналіз циркуляції потоків потужності в комбінованій електромеханічній трансмісії військової гусеничної машин.....	155
Ярмолюк В.М. Моделювання роботи лінійного електродвигуна постійного струму в приводах рухомих кабін тренажерів операторів транспортних засобів.....	155

С.В. Рудаков, кандидат технических наук
В.Я. Фролов, кандидат технических наук
А.О. Левченко, кандидат технических наук

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ С ПЕРЕМЕННЫМ СОСТАВОМ ИСПОЛЪЗУЕМОГО ВЕКТОРА ИЗМЕРЕНИЙ

В статье изложены результаты исследования точностных характеристик инерциально-спутниковой навигационной системы управления подвижными объектами подтверждены результатами имитационного моделирования.

Завершение синтеза структуры инерциально-спутниковой навигационной системы подвижных объектов (ПО), работающей в автодифференциальном режиме с автономным прогнозом корректирующих поправок навигационных определений с использованием элементов искусственного интеллекта, требует получения и анализа количественных значений погрешностей измерения координат объектов.

Стратегия адаптации систем управления для обеспечения требуемых значений множества показателей эффективности выполнения каждой целевой задачи для ПО, движущихся по управляемым траекториям, реализована путем изменения состава используемого вектора измерений инерциально-спутниковой навигационной системы, в зависимости от текущих точностных параметров измерителей.

Для предполагаемого уменьшения погрешности измерения координат при синтезе структуры системы в навигационном фильтре предполагается с помощью искусственной нейронной сети определять наилучший набор навигационных измерений от большого набора независимых точных измерителей.

Целью статьи является получение оценок количественных значений погрешностей измерения координат подвижных объектов для разработанной системы.

Для достижения цели работы рассматриваются результаты решения следующих частных задач:

- моделирование зависимости корректирующих приращений и обобщенной ошибки навигационных определений для аппаратуры спутниковой навигации (АСН) ПО, комплексной навигационной системы ПО и инерциально-спутниковой навигационной системы ПО с переменным составом используемого вектора измерений от времени наблюдения;

- моделирование зависимости ошибки навигационных определений ПО от дальности в различных режимах функционирования (автономном режиме, автодифференциальном режиме, обычном дифференциальном режиме с контрольно-корректирующей станцией (ККС));

- анализ точности навигационных определений и разработка рекомендаций по уменьшению погрешностей навигации ПО и повышению точности управления транспортными средствами в условиях аномальных режимов функционирования спутниковой радионавигационной системы.

Исследование точностных характеристик комплексированной навигационной системы проводилось при использовании траекторий, близких к реальным маршрутам. Работа бесплатформенной инерциальной навигационной системы (БИНС) и остальных подсистем моделировалась в соответствии с их алгоритмами функционирования [6].

Результирующие оценки погрешностей измерений вычислялись с помощью весовых коэффициентов для сигналов от различных навигационных датчиков. На конечном этапе оптимальной фильтрации корректировалась выходная информация первичных датчиков и компенсировались составляющие погрешностей каждой из подсистем, входящих в навигационный комплекс. В качестве обобщенной характеристики точности навигационных определений использовалась величина σ_{Σ} , определяемая выражением

$$\sigma_{\Sigma} = \text{Sp} \Theta,$$

где Sp – след матрицы Θ ;

$\Theta = (H_k^T \cdot W_k^{-1} \cdot H_k)^{-1}$ – матрица погрешностей измерений.

В качестве исходных данных были приняты следующие начальные значения: скорость и ускорение ТС:

- по оси X – $V_x = 17 \text{ м/с}$, $a_x = 0 \text{ м/с}^2$;
- по оси Y – $V_y = 1 \text{ м/с}$, $a_y = 3 \text{ м/с}^2$;
- по оси Z – $V_z = 0 \text{ м/с}$, $a_z = 0 \text{ м/с}^2$;
- шумы измерений в штатном режиме работы АСН – $\sigma_r = 25 \text{ м/с}$, $\sigma_f = 0,2 \text{ м/с}$.

Значение ошибок измеряемых величин для спутниковой подсистемы ТС в аномальном режиме в 10 раз превышают ошибки в штатном режиме. Результаты моделирования работы АСН ПО представлены на рис. 1.

решается навигационная задача в данном такте вычислений и определяются поправки уже по дополнительным НКА, которые служат для искомого решения. Погрешности измерения навигационного параметра вызываются неточным знанием эфемерид НКА, по которым производятся измерения, расхождением бортовых шкал времени НКА и погрешностями за счет ионосферной и тропосферной рефракции. Уточнение эфемерид НКА может быть произведено после незначительной модификации навигационная система ПО во время двух соседних остановок.

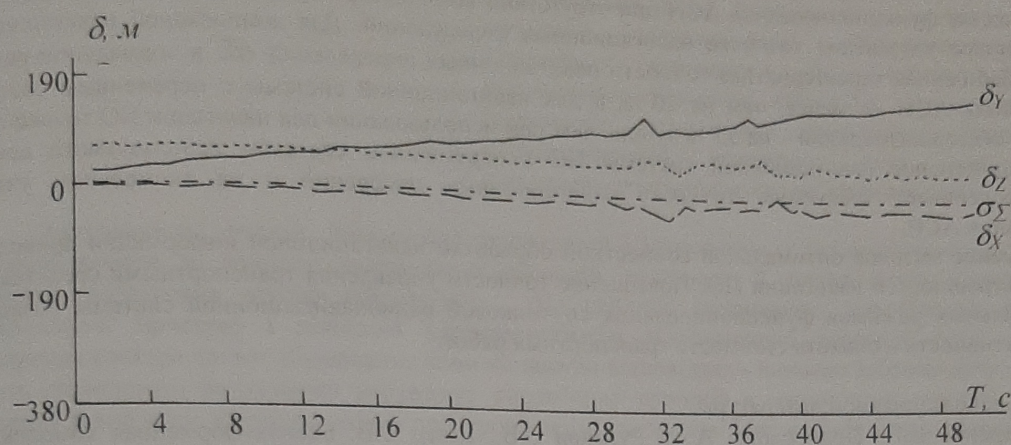


Рис. 3. Зависимость корректирующих приращений и обобщенной ошибки навигационных определений для инерциально-спутниковой навигационной системы ПО с переменным составом используемого вектора измерений от времени наблюдения.

Погрешности привязки ККС определяются неточностью определения координат и уходом шкалы времени контрольной станции. Величину ухода бортовой шкалы времени i -го НКА Δt_i для использования в АСН при определении псевдодальностей аппроксимируют полиномом второй степени

$$\Delta t_i = a_{0,i} + a_{1,i} \cdot (t_i - t_{0,i}) + a_{2,i} \cdot (t_i - t_{0,i})^2,$$

где $a_{j,i}$, $j=0 \dots 2$ - соответствующие коэффициенты полинома;

$t_{0,i}$ - момент времени фазирования опорного генератора i -го НКА;

t_i - момент времени, к которому привязано измерение по i -му НКА.

Влияние ионосферной и тропосферной рефракции может быть исключено аппаратным способом за счет организации многочастотных измерений. Точность координат ККС можно повысить путем использования фазовых измерений геодезического уровня точности во время остановок ПО. Результаты моделирования суммарной пространственной погрешности навигационных определений ПО представлены на рис. 4.

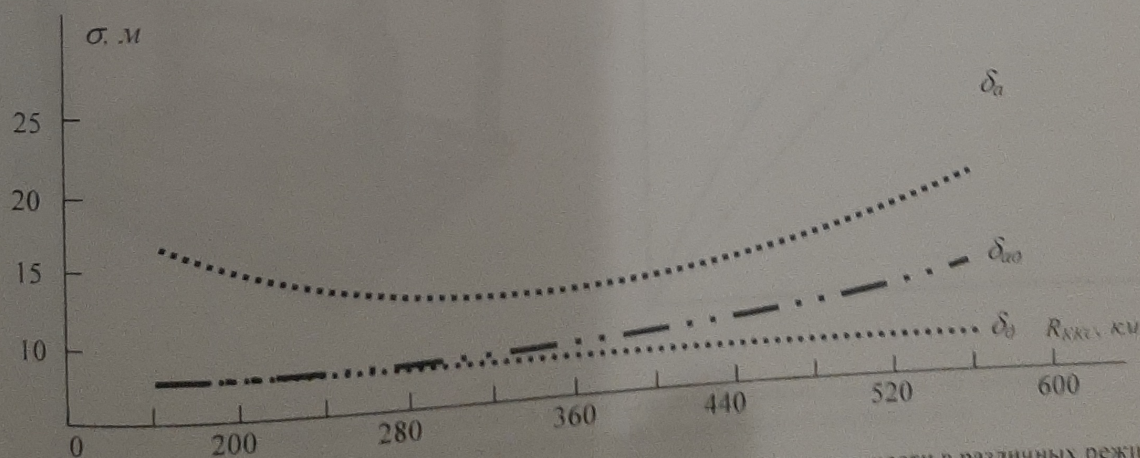


Рис. 4. Зависимость ошибки навигационных определений ПО от дальности в различных режимах функционирования инерциально-спутниковой навигационной системы.