

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОКАЗАНИЙ АКСЕЛЕРОМЕТРОВ, ГИРОСКОПОВ И БАЗОВЫХ СТАНЦИЙ СОТОВЫХ ОПЕРАТОРОВ ДЛЯ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ОБЪЕКТОВ**

**Е. А. Ильющин**

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Оптимальный выбор акселерометра и гироскопа обычно выливается в сложную математическую задачу. Необходимо определить тип измеряемого параметра. При измерении вибраций измеряются вибрационные характеристики объекта. При измерении перемещения определяется скорость и смещение объекта, находящегося в движении. Иногда возникает необходимость оперативной оценки погрешности применения акселерометра или гироскопа, основываясь только на их технической документации. Делать выбор необходимого датчика иногда приходится, не имея под рукой экспериментального стенда, поэтому тяжело предугадать истинное поведение структурированной модели. Методы оценки погрешностей, вносимых акселерометром и гироскопом, могут быть очень полезны в инженерном проектировании [1]–[3].

Цель работы – оценка возможности позиционирования, используя инерциальные системы навигации, расчет погрешностей определения скорости и пройденного пути.

## Вклад погрешности акселерометра и гироскопа

	Погрешность	Погрешность линейной скорости, м/с	Погрешность координаты, м
акселерометр	Систематическая составляющая $\Delta n_{xg}^{sys}$ , м/с <sup>2</sup>	$\Delta V_{xg}^{sys} = \Delta n_{xg} \Delta T$	$\Delta X_{xg}^{sys} = \frac{\Delta n_{xg} \Delta T^2}{2}$
	Мультипликативная погрешность $\sigma_{acc}$ %	$\Delta V_{xg} = \sigma_{acc} n_{xg} \Delta T$	$\Delta X_{xg} = \frac{\sigma_{acc} n_{xg} \Delta T^2}{2}$
	Влияние шума $VRW$ м/с <sup>2</sup> /√Гц	$\sigma_{\Delta V} = VRW \sqrt{\Delta T}$	$\sigma_{\Delta X} = VRW \frac{\Delta T^{3/2}}{\sqrt{6}}$
гироскоп	Систематическая составляющая $\Delta n_{xg}^{sys}$ , м/с <sup>2</sup>	$\Delta V_{xg} = g \Delta \omega \Delta T^2$	$\Delta X_{xg} = \frac{g \Delta \omega \Delta T^3}{2}$
	Мультипликативная погрешность $\sigma_{acc}$ %	$\Delta V_{xg} = g \frac{\sigma_{gyro}}{100} \Delta \omega \frac{\pi}{180} \Delta T^2$	$\Delta X_{xg} = \frac{g \frac{\sigma_{gyro}}{100} \Delta \omega \frac{\pi}{180} \Delta T^3}{2}$
	Влияние шума $ARW$ , м/с <sup>2</sup> /√Гц	$\sigma_{V_{xg}} = ARW \frac{g}{\sqrt{3}} \Delta T^{3/2}$	$\sigma_{X_{zg}} = ARW \frac{g}{\sqrt{5}} \Delta T^{5/2}$

Для анализа возможности использования базовых станций сотовых операторов для определения примерных координат нахождения были взяты трассы Гомель–Жлобин и Гомель–Светлогорск.

Как можно видеть (рис. 1), доступность сети мобильной связи на обоих участках дорог различная. На трассе Гомель–Жлобин не должно возникнуть проблем с определением приблизительной координаты. На трассе Гомель–Светлогорск, теоретически, из-за плохого уровня сигнала погрешность определения координаты будет хуже, чем на трассе Гомель–Жлобин.



Рис. 1. Доступность сети мобильной связи

На рис. 2 приведены экспериментальные попытки определить собственную координату, используя вышки сотовых операторов. Символом «звезда» обозначены координаты вышек, маркером обозначена высчитанная координата. Погрешность измерения не превысила 200 м, однако за пределами города такая погрешность будет значительно больше из-за меньшего количества вышек и большой удаленности. Определение координат с использованием вышек сотовых операторов планируется использовать в случае, когда другие системы (GPS/ГЛОНАСС, инерциальная система) не могут быть задействованы в силу технических, климатических и географических условий.

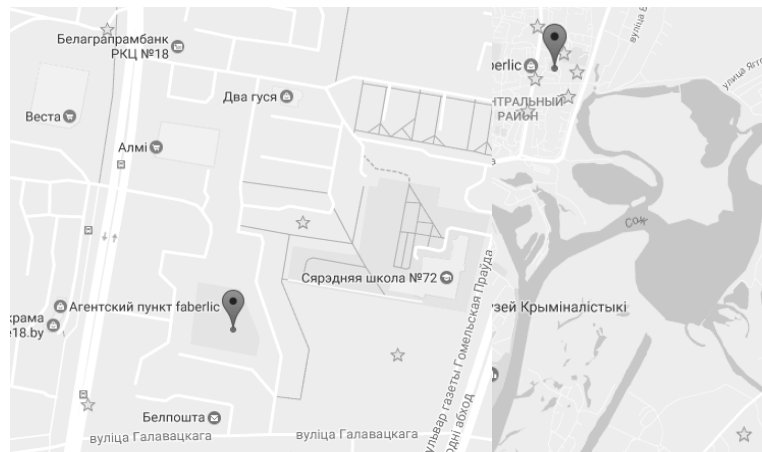


Рис. 2. Доступность сети мобильной связи

На рис. 3 приведены экспериментальные данные определения скорости и расстояния с помощью акселерометра и гироскопа. Вырезаны участки, на которых скорость фактическая и экспериментальная были равны нулю. Фактическая погрешность измерения расстояния не превысила 45 м.

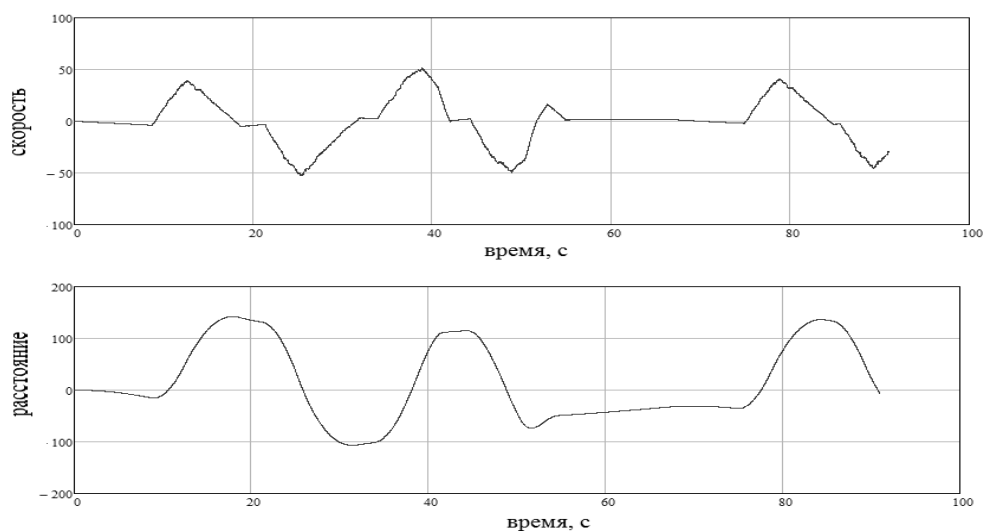


Рис. 3. Определение скорости и расстояния с использованием акселерометра и гироскопа

В результате оценки погрешностей измерения с использованием акселерометров, гироскопов и базовых станций сотовых операторов можно сделать вывод: использование акселерометров с гироскопами для определения координат дает меньшую погрешность, чем определение координат с использованием вышек сотовых операторов в коротком интервале времени (порядка нескольких минут, в зависимости от погрешностей используемых датчиков). Когда накопленная погрешность акселерометров и гироскопов выйдет за допустимые границы, можно использовать вышки сотовых операторов, что в результате уменьшит погрешность измерения координат объекта.

#### Литература

1. Яценков, В. С. Основы спутниковой навигации. Системы GPSNAVSTAR и ГЛОНАСС / В. С. Яценков. – М. : Горячая линия-Телеком, 2005. – 272 с.
2. ГЛОНАСС. Принципы построения и функционирования / Р. В. Бакитько [и др.]. – М. : Радиотехника, 2010.
3. Карасев, В. В. Современные спутниковые радионавигационные системы : учеб.-метод. пособие / В. В. Карасев. – Владивосток : ДГТРУ, 2016.