

актуальна задача использования магнитометрических датчиков в ИИСО для ПО в виду отсутствия чувствительности к динамике подвижного объекта.

Магнитометрический датчик представляет собой устройство для измерения интенсивности одной или нескольких составляющих магнитного поля они могут быть реализованы на различных физических принципах измерения магнитного поля, но наиболее востребованными являются магниторезистивные датчики в виде интегральных микросхем. Данные датчики отличаются высокой чувствительностью и позволяют измерять самые малые изменения магнитного поля. Сегодня рынок предоставляет широкий выбор одно-, двух- и трехосевых электронных ММД. Принцип работы которых основан на изменении направления намагниченности  $M$  внутренних доменов слоя пермаллоя ( $NiFe$ ) под воздействием внешнего магнитного поля рис. 1 [1].

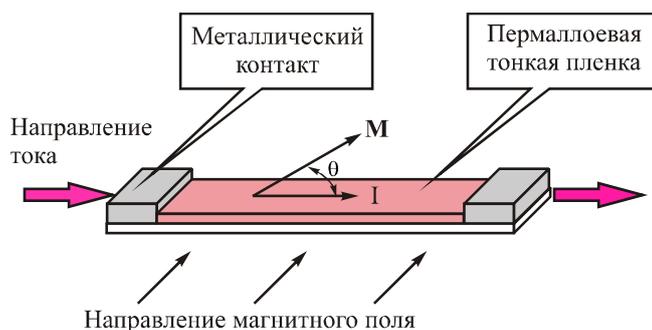


Рис. 1. Принцип построения магниторезистивного магнитометра

В зависимости от угла  $\theta$  между направлением тока  $I$  и вектором намагниченности  $M$  изменяется сопротивление пермаллоевой пленки. Под углом  $90^\circ$  оно минимально, угол  $0^\circ$  соответствует максимальному значению сопротивления. Наиболее известными датчиков на основе тонкопленочных магниторезисторов являются такие фирмы, как «*Phillips*» (одно- и двухосевые датчики *KMZ51*, *KMZ52*), «*SpaceElectronics*» (датчик *MMS101*), «*Honeywell*» (датчики серии *HMC*). Однако наибольшее распространение нашли датчики фирмы «*Honeywell*» ввиду своей малой стоимости, высокой надежности, малой массы и габаритов.

**Цель данной работы.** В данной работе проведено исследование по применению ММД в ИИСО реализованной на базе волнового твердотельного гироскопа для обеспечения процедуры начальной выставки.

**Результаты работы.** Показано, что использование ММД в ИИСО на базе ВТГ позволяет обеспечить процедуру начальной выставки, но основная проблема использования ММД заключается в необходимости выполнения процедуры калибровки данных датчиков.

**Благодарности.** Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания FEWG-2022-0002.

#### Литература

1. Малютин, Д. М. Системы для определения параметров ориентации подвижного объекта по показаниям магнитных датчиков / Д. М. Малютин, М. Г. Погорелов, А. П. Шведов. – Датчики и системы. – 2009. – № 5. – С. 51–55.

УДК 531.381

### МАГНИТОМЕТРИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ОРИЕНТАЦИИ

Ассистент, мл. научный сотрудник Каликанов А. В.  
Кандидат техн. наук, заведующий лабораторией Погорелов М. Г.  
Тульский государственный университет, Тула, Россия

Современный смартфон, в зависимости от ценовой комплектации модели, может включать самые разнообразные датчики: акселерометрами, гироскопами, магнитометрами, баровысотометром и др.

*Магнитометр (Magnetic Field Sensor)*, как и привычный магнитный компас, отслеживает ориентацию устройства в пространстве относительно магнитного поля Земли (МПЗ). На базе

магнитометров может быть реализована магнитометрическая система ориентации. Если смартфон/планшет установлен на поверхности близкой к горизонтальной, то по сигналам магнитометров  $H_X$  и  $H_Y$  может быть однозначно определен азимут, т. е. угол между его осью  $Y$  и направлением на магнитный север. Азимут изменяется от  $0$  до  $360^\circ$  и отсчитывается от направления на магнитный север по часовой стрелке. Знаки сигналов магнитометров  $H_X$  и  $H_Y$  могут служить информацией о том, в каком квадранте находится ось продольная  $Y$  смартфона/планшета. Азимут смартфона может быть вычислен по следующей формуле [1]:

$$A = \begin{cases} -\frac{180}{\pi} \arctg\left(\frac{H_X}{H_Y}\right), & \text{если } H_X < 0, H_Y > 0, \\ 360 - \frac{180}{\pi} \arctg\left(\frac{H_X}{H_Y}\right), & \text{если } H_X > 0, H_Y > 0, \\ 180 - \frac{180}{\pi} \arctg\left(\frac{H_X}{H_Y}\right), & \text{если } H_Y < 0, \\ 90, & \text{если } H_X < 0, H_Y = 0, \\ 270, & \text{если } H_X > 0, H_Y = 0. \end{cases}$$

Для подтверждения работоспособности проводился эксперимент на планшетном компьютере. Результаты эксперимента приведены на рис. 1.

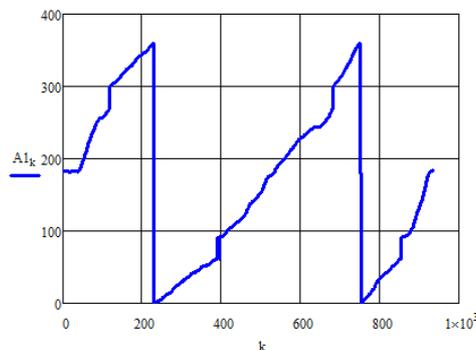


Рис. 1. Вычисление азимута по магнитометрам планшетного компьютера

Точность вычисления азимута составила несколько градусов, что приемлемо для использования в качестве пешеходного навигатора.

**Благодарности.** Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания FEWG-2022-0002.

#### Литература

1. Матвеев, В. В. Приборы и системы ориентации, стабилизации и навигации на МЭМС-датчиках / В. В. Матвеев, В. Я. Распопов. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2017. – 225 с.

УДК 531.383

### ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ОРИЕНТАЦИИ НА БАЗЕ ВОЛНОВОГО ТВЕРДОТЕЛЬНОГО ГИРОСКОПА

Ассистент, мл. научный сотрудник Каликанов А. В.  
Кандидат техн. наук, заведующий лабораторией Погорелов М. Г.  
Тульский государственный университет, Тула, Россия

Информационно-измерительная система ориентации (ИИСО) бесплатформенного типа (определения углов курса, тангажа и крена) построенные на различных гироскопических датчиках, являются интеллектуальным ядром подвижных объектов (ПО).

Основные проблемы построения ИИСО для различных ПО заключаются в следующем.