

ПРИМЕНЕНИЕ ИНЕРЦИОННОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ В КАЧЕСТВЕ ОДОМЕТРА КОНТРОЛЬНО-ДИАГНОСТИЧЕСКОГО СНАРЯДА

А. С. Романовский

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

Научный руководитель Л. А. Захаренко

В решении экономических и социальных задач трубопроводный транспорт приобрел важное народнохозяйственное значение. Транспортировка нефти по магистральным нефтепроводам вызывает необходимость в обеспечении надежной работы трубопроводных систем. Задачи технической диагностики состоят в определении наличия и параметров дефектов стенки трубы и сварных швов (на основе информации, полученной при проведении внутритрубной инспекции участков магистрального нефтепровода). Ключевым моментом в определении аномалии является точность определения координаты, от которой зависит величина работ по исправлению дефекта в трубопроводе.

Для измерения пройденного расстояния была проведена экспериментальная оценка возможности применения блока инерциальных измерений (БИИ), содержащего трехосевой акселерометр и гироскоп. Для вычисления пути необходимо дважды проинтегрировать данные от акселерометров. Для экспериментов был выбран БИИ MPU-6050.

Основные параметры MPU-6050:

Количество осей измерения	3
Ускорение, $\pm g$	2, 4, 8, 16
Угловая скорость, $\pm ^\circ/c$	250, 500, 1000, 2000
Разрядность АЦП	16
Нелинейность, %	0,2
Интерфейс	I2C
V_{CC} , В	от 2,375 до 3,46
I_{CC} , мА	3,6
T_A , $^\circ C$	от -40 до 85

Кроме ускорений, возникающих при движении, акселерометры измеряют и ускорение свободного падения, поэтому даже если датчик находится в покое, то на каждой из осей измерения датчика мы будем наблюдать проекции измерения вектора g . Если ось Z разместить перпендикулярно поверхности земли, а оси X и Y параллельно, то, измерив показания датчика, должны получить:

$$Z = -g; \quad X = 0; \quad Y = 0.$$

Но, к сожалению, разместить датчик таким образом очень трудно. Поэтому во всех дальнейших измерениях требуется вычитать эту ненужную составляющую по каждой из осей. В итоге мы получаем:

$$Z = zg; \quad X = xg; \quad Y = yg,$$

где zg – проекция g на ось Z датчика; xg – проекция g на ось X датчика; yg – проекция g на ось Y датчика.

Кроме того, по каждой оси датчик имеет напряжение смещения, значение которого находится в пределах 50 mg для осей X и Y , и 80 mg для оси Z .

Первоначально было решено оценить временную нестабильность напряжения смещения датчика, для возможности скомпенсировать напряжение смещения. Для этой цели был проведен следующий эксперимент: датчик был установлен неподвижно, данные записывались на ММС карту на протяжении часа каждые 100 мс. Полученные данные обрабатывались в САПР Mathcad 15. Измерив напряжение смещения, мы вычитали его по каждой из осей. Результат расчета расстояния для одной из осей представлен на рис. 1.

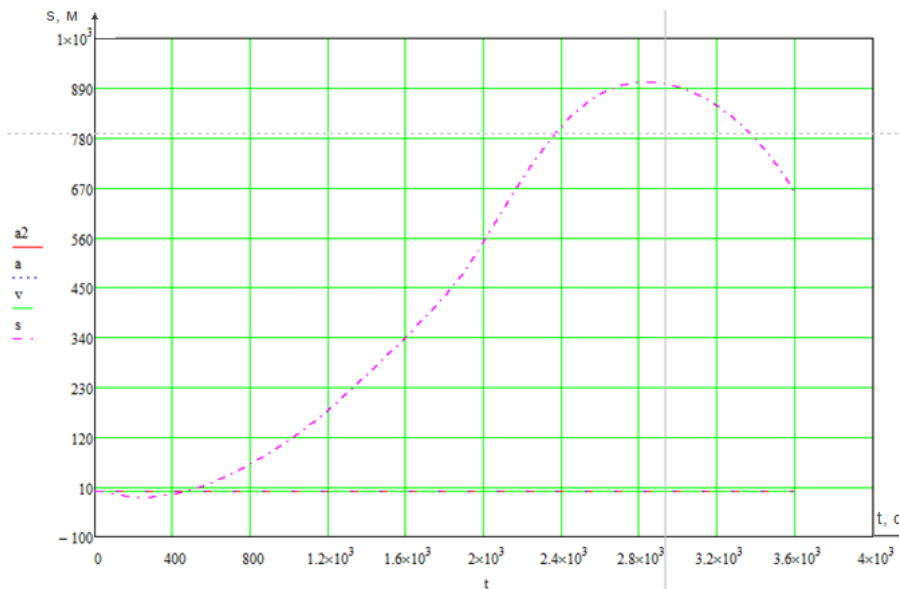


Рис. 1. График, показывающий погрешность измерений неподвижного датчика

Как видно из вышеприведенного графика, погрешность измерения расстояния очень большая (890 м за 1 ч работы). Причиной этого является нестабильность напряжения смещения. Было выдвинуто предположение, что напряжение смещения изменяется в зависимости от температуры. Был проведен эксперимент по измерению ускорения и температуры неподвижного датчика. Результаты эксперимента приведены на рис. 2.

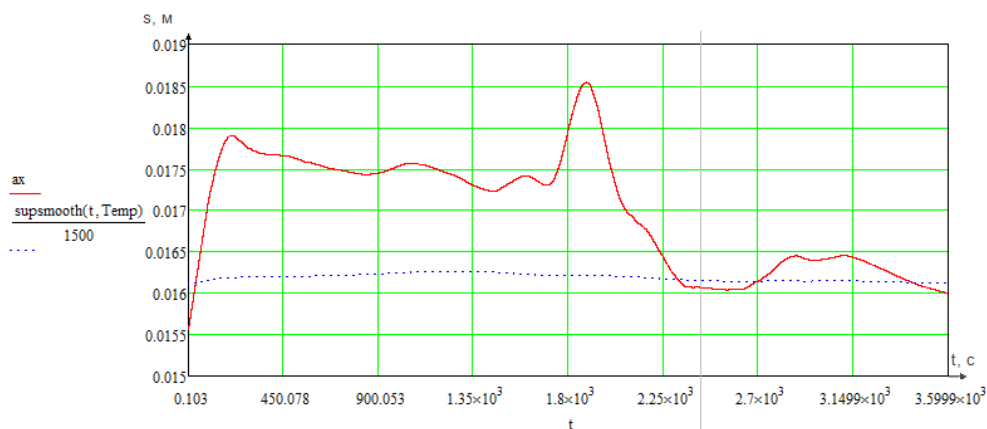


Рис. 2. График, показывающий нестабильность напряжения смещения датчика акселерометра

Как видно из графика (рис. 2), зависимости напряжения смещения от температуры не наблюдается.

Также были проведены исследования датчика при его движении. Эксперимент было решено провести в лифте, так как его скорость невелика, а движение равноускорено. Первые десять секунд датчик находился неподвижно, затем лифт начал двигаться, и датчик зафиксировал ускорение. После того как лифт проехал 12 этажей, он остановился. Результаты эксперимента можете наблюдать на рис. 3.

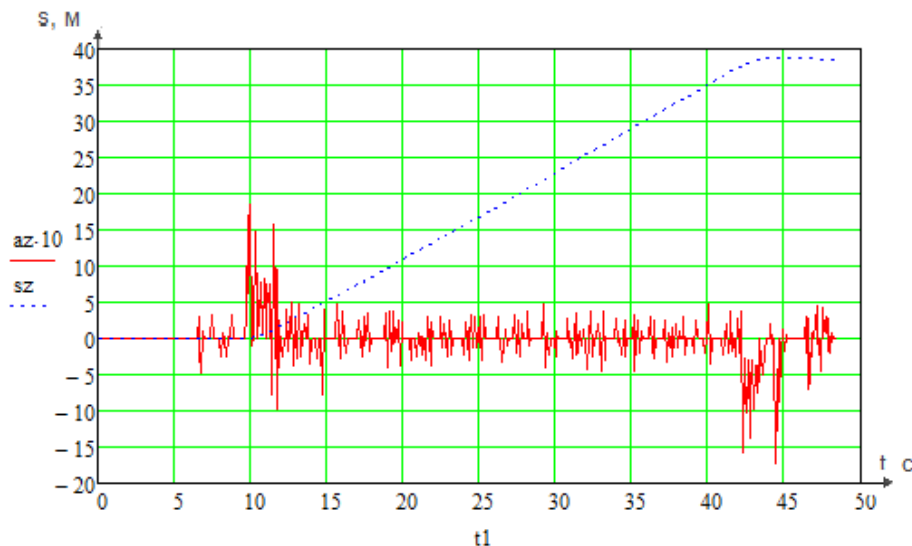


Рис. 3. График пройденного расстояния

На графике видно начало движения (положительное ускорение) лифта и его торможение (отрицательное ускорение). В результате обработки данных получилось, что датчик переместился на расстояние, равное 40 м.

Выводы

Для определения больших расстояний требуется наличие акселерометра с более высокой точностью. Предположенным методом можно измерять небольшие расстояния. Для повышения точности предлагается установить по пути следования контрольно-диагностического снаряда систему маячков, с помощью которых будет осуществляться корректировка измеренного расстояния. В дальнейшем предполагается провести исследования по определению напряжения смещения датчика во время движения, для этого планируется периодически осуществлять поворот датчика на угол, равный 90° .

Литература

1. Schubert, F.M. Calibration and Enhancement of Inertial Measurement Units / cand. el. Frank M. Schubert. — Delft, July 11 2005 — Mode of access: <http://www.kn-s.dlr.de/People/Schubert/papers/Calibration-and-Enhancement-of-Inertial-Measurement-Units-Frank-Schubert.pdf>.
2. Woodman, R. An introduction to inertial navigation / Oliver J. Woodman. — University of Cambridge, 2007. — Mode of access: <http://www.cl.cam.ac.uk/techreports/UCAM-CL-TR-696.pdf>.