

**Датчик углового положения колеса на основе микроэлектромеханических систем**

**Научный руководитель – Голован, Смольянов Андрей, Данил**

***Брагин Николай Викторович***

*Студент (специалист)*

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,  
Механико-математический факультет, Кафедра прикладной механики и управления,  
Москва, Россия

*E-mail: bragin0196@gmail.com*

Работа посвящена разработке алгоритма датчика угла поворота (ДУП), построенного на базе БИНС типа микроэлектромеханических сенсоров (МЭМС), который может работать и при отсутствии сигнала ГНСС. Подобная задача сводится к комплексной обработке данных навигационного комплекса, в состав которого входят: низкоточная бескарданная инерциальная навигационная система (БИНС), приёмник сигналов глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС), одометр и датчика угла поворота (ДУП). Такой датчик измеряет угол поворота колёс техники и необходим для точного решения задачи автоматического управления.

В основе алгоритма лежит решение задачи коррекции БИНС. Рассматривается линейная динамическая система

$$\begin{cases} \dot{x} = Ax + q, \\ z = Hx + r, \end{cases}$$

где оценка  $\tilde{x}$  вектора состояния  $x$  доставляется алгоритмом фильтра Калмана. Компонентами вектора  $x$  являются ошибки счисления БИНС. Вектор корректирующих измерений  $z$  формируется при помощи данных ГНСС и измерений одометра (поступательной скорости задней колёсной оси ТС).

Навигационное решение БИНС используется для построения оценки  $\delta$ , причём в работе рассматриваются два варианта: получение оценки как разности углов истинного курса поворотной и основной БИНС, а также в результате интегрирования разности показаний датчиков угловой скорости двух БИНС. Из-за сильных инструментальных погрешностей МЭМС интегральная оценка  $\delta$  нуждается в дополнительной коррекции. Чтобы компенсировать её, в ДУП интегрирован дополнительный фильтр Калмана, где измерением служат данные об угле поворота, полученные по кинематической велосипедной модели.

Алгоритм ДУП был успешно протестирован в ходе полевых испытаний на тракторе Case MXM190 и показал точность, достаточную для автоматического управления сельскохозяйственной техникой, а также возможность работы при отсутствии сигнала ГНСС.

**Источники и литература**

- 1) D. E. Brewer, G. W. White, J. W. Peake (2007). «Vehicle gyro based steering assembly angle and angular rate sensor» (US Patent No.: 7477973 B2)
- 2) P. Polack, F. Altché, B. d'Andréa-Novel and A. de La Fortelle, "The kinematic bicycle model: A consistent model for planning feasible trajectories for autonomous vehicles?," 2017 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV), Los Angeles, CA, USA, 2017, pp. 812-818, doi: 10.1109/IVS.2017.7995816.

- 3) D. I. Smolyanov and A. A. Golovan, "On the Navigation Problem of Unmanned Wheeled Agricultural Machinery Using MEMS-Based INS, GNSS and Odometry," 2023 30th Saint Petersburg International Conference on Integrated Navigation Systems (ICINS), Saint Petersburg, Russian Federation, 2023, pp. 1-3, doi: 10.23919/ICINS51816.2023.10168339.