

УДК 631.372

## ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ АГРЕГАТІВ ПОКРАЩЕННЯМ ТОЧНОСТІ РУХУ

**Зуб В. О., Войтенко І. В.,  
Фабричнікова І. А., к.т.н., доц., Антощенко Р. В., д.т.н., проф.**

*Державний біотехнологічний університет*

*В роботі обґрунтований метод підвищення ефективності функціонування сільськогосподарських агрегатів покращенням точності руху.*

Пропонується розробка алгоритмів інерціальної навігаційної системи (INS) для недорогих інерційних вимірювальних пристроїв (IMU). Термін «низька вартість IMU» використовується для опису IMU, побудованого зі стандартними низькоякісними гіроскопами та акселерометрами, які не можуть виконувати самовирівнювання. Ці алгоритми спонукали до розробки моделей помилок INS і моделей помилок глобальної системи позиціонування (GPS) для недорогої допомоги в автономній навігації.

Вирішена задача розробки моделей розповсюдження помилок швидкості, позиції та орієнтації безсистемної INS для великих кутових помилок у комп'ютерному кадровому підході. Є два набори моделей. Перший набір використовує кути  $\psi$  для опису помилок орієнтації. Інший використовує кватерніони. Ці моделі відрізняються від інших моделей помилок INS тим, що вони не вимагають припущень малого кута. Другим внеском є розробка недорогих алгоритмів INS з використанням моделей помилок INS, розроблених у цій дипломній роботі. Є два алгоритми, які використовують два набори моделей INS. Основним внеском цих алгоритмів є підхід до вирівнювання в русі з невідомими початковими умовами. Реалізація алгоритму з використанням кутової моделі  $\psi$  включає розширений фільтр Калмана (EKF). Алгоритм кватерніонів використовує фільтр апроксимації розподілу (DAF). Вимірювання GPS використовуються для допомоги INS. Стверджується, що підхід кватерніонів дає кращу точність і вимагає менше обчислень. Третім внеском є моделювання GPS у частотній області. Рівняння похибок позиції GPS отримані як ідентичні системи другого порядку в частотній області. Представлено фільтри зворотного зв'язку та прямого зворотного зв'язку для декореляції помилок GPS з використанням інформації INS.

Теоретична робота перевірена серією експериментів з використанням реальних даних. Стандартний GPS використовується для перевірки моделювання GPS. Експериментальні результати з використанням недорогого IMU та допоміжного DGPS показали, що точність позиції, швидкості та положення може бути досягнута за допомогою алгоритмів, представлених у цій дипломній роботі.

Застосування під час експериментальних досліджень інерціальних навігаційних систем на базі недорогих інерційних вимірювальних пристроїв приведе до підвищення ефективності функціонування сільськогосподарських агрегатів покращенням точності руху.

### Список літератури:

1. Мехатронні системи автомобілів і тракторів [Текст] : підручник / Р. В. Антощенко, О. В. Нанка, А. Т. Лебедев, В. М. Антощенко, В. М. Кісь, І. В. Галич. - Харків : ХНТУСГ, 2020. – 248 с.
2. Антощенко Р. В. Обробка даних мобільного вимірювального комплексу для контролю за функціонуванням мобільних енергетичних засобів. *Вібрації в техніці та технологіях*. Вінниця, 2013. №2(70). С. 6–9.
3. Volodymyr Bulgakov, Roman Antoshchenkov, Valerii Adamchuk, Ivan Halych, Yevhen Ihnatiev, Ivan Beloev, Semjons Ivanovs. Investigation of the tractor performance when ballasting its rear half-frame. *INMATEH –Agricultural Engineering*, 2022. Vol. 68. No. 3. PP. 533–542.
4. Antoshchenkov, R., Bogdanovich, S., Halych, I., Cherevatenko, H. Determination of dynamic and traction-energy indicators of all-wheel-drive traction-transport machine. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2023. 1 (7 (121)), 40–47. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.270988>.
5. Artiomov, N., Antoshchenkov, R., Antoshchenkov, V., Ayubov, A. Innovative approach to agricultural machinery testing. *Engineering for Rural Development*, 2021, 20. 692–698.
6. R. Antoshchenkov, V. Antoshchenkova, V. Kis, D. Smitskov. Increasing accuracy of measuring functioning parameters of agricultural units. *Engineering for Rural Development*, 2023, 22. P. 210–215.
7. Antoshchenkov, R., Halych, I., Nikiforov, A., Cherevatenko, H., Chyzhykov, I., Sushko, S., Ponomarenko, N., Diundi, S., Tsebriuk, I. Determining the influence of geometric parameters of the traction-transportation vehicle's frame on its tractive capacity and energy indicators. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2022. 2 (7-116), pp. 60-61. DOI: 10.15587/1729-4061.2022.254688.
8. Антощенко Р. В., Никифоров А. О., Череватенко Г. І., Антощенко В. М. Мікропроцесорна вимірювальна система динаміки та енергетики мобільних машин. *Український журнал прикладної економіки та техніки*, 2021. Том 6. № 4. С. 241–248.
9. Galych I., Antoshchenkov R., Antoshchenkov V., Lukjanov I., Diundik S., Kis O. Estimating the dynamics of a machine-tractor assembly considering the effect of the supporting surface profile . *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1(7 (109)), 51–62. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.225117>.
10. Bulgakov, V., Ivanovs, S., Adamchuk, V., Antoshchenkov R. Investigations of the Dynamics of a Four-Element Machine-and-Tractor Aggregate. *Acta Technologica Agriculturae*. Vol. 22, Is. 4, 1 December 2019, P. 146-151.
11. Україна: ринок сільськогосподарської техніки. Аналіз та перспективи [Текст] / Р. В. Антощенко, В. М. Антощенко, І. В. Галич, В. В. Антощенкова, О. В. Козлова // Вісник Харків. нац. техн. ун-ту сіл. госп-ва ім. П. Василенка. Техн. науки. - Харків : ХНТУСГ, 2019. - Вип. 198 : Механізація с.-г. вир-ва. - С. 194-200.