Abstract: *Modern technologies for intelligent navigation and autonomous tractor control in precision agriculture are examined. The use of GNSS, digital maps, sensors, UAVs, and machine vision for path planning and trajectory correction is analyzed. Prospects for the application of such systems in grain crop cultivation are identified.*

Keywords: *autonomous tractor, intelligent navigation, precision agriculture, GNSS, machine vision, digital maps, UAV, trajectory planning, grain crops.*

Науковий керівник:

Грубань В.А.

канд. техн. наук, доцент, завідувач кафедри тракторів та сільськогосподарських машин, експлуатації і технічного сервісу

Миколаївський національний аграрний університет

УДК 631.372:004.92:004.896

КОМП’ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПЛАНУВАННЯ ТРАЄКТОРІЇ РУХУ АВТОНОМНОГО ЕНЕРГЕТИЧНОГО ЗАСОБУ В ТЕХНОЛОГІЯХ ВИРОЩУВАННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

Максим КРАВЦОВ

Здобувач вищої освіти спеціальності Н7 Агроінженерія

Миколаївський національний аграрний університет

м. Миколаїв, Україна

Анотація. *Розглянуто комп’ютерне моделювання та планування траєкторії руху автономного енергетичного засобу під час вирощування зернових культур. Проаналізовано застосування цифрових моделей полів, GNSS, 3D-моделювання та алгоритмів планування маршруту для підвищення точності польових операцій і раціонального використання енергетичних ресурсів.*

Ключові слова: *автономний енергетичний засіб, комп’ютерне моделювання, траєкторія руху, цифрова модель поля, GNSS, 3D-моделювання, зернові культури.*

Сучасне сільськогосподарське виробництво переходить до автоматизованих та автономних систем керування.

Одним із перспективних напрямів є цифрове планування траєкторії руху енергетичних засобів, що дає змогу підвищити точність виконання технологічних операцій і раціонально використовувати ресурси. Для зернового виробництва Півдня України це особливо актуально через значні площі полів та необхідність скорочення непродуктивних переміщень.

Ефективність роботи агрегату залежить не лише від технічних характеристик енергетичного засобу, а й від раціональності його руху. Геометрія поля, ширина захвату, радіус повороту та схема руху визначають довжину робочих і холостих проходів, кількість розворотів та величину перекриттів. Тому для автономного енергетичного засобу необхідно формувати оптимальну систему робочих і розворотних траєкторій.

Комп’ютерне моделювання дозволяє створювати цифрову модель поля та попередньо оцінювати різні варіанти руху. У моделі можуть враховуватися межі поля, ширина захвату агрегату, кінематичні параметри енергетичного засобу та траєкторії розвороту. Це дає можливість визначати довжину маршруту, кількість розворотів, рівень покриття поля та відхилення від заданої траєкторії.

Для полів складної форми особливого значення набуває оптимізація розворотів і напрямку робочих проходів. Використання 3D-моделювання та цифрових двійників дозволяє досліджувати різні стратегії руху ще до проведення польових випробувань.

Застосування такого підходу під час обробітку ґрунту, сівби та внесення добрив може сприяти зменшенню холостих переміщень, перекриттів і витрат пального.

Поєднання CAD/CAE-технологій, цифрових карт, GNSS та алгоритмів планування траєкторії створює основу для підвищення ефективності автономних енергетичних засобів у технологіях вирощування зернових культур.

Список використаних джерел

1. Höffmann M., Patel S., Büskens C. Optimal guidance track generation for precision agriculture: A review of coverage path planning techniques. *Journal of Field Robotics*. 2024. Vol. 41, No. 3. P. 823–844. DOI: 10.1002/rob.22286.

2. Mier G., Fennema R., Valente J., de Bruin S. Continuous Curvature Path Planning for Headland Coverage With Agricultural Robots. *Journal of Field Robotics*. 2025. Vol. 42, No. 3. P. 641–656. DOI: 10.1002/rob.22489.

3. Parsons T., Hanafi Sheikhha F., Ahmadi Khiyavi O., Seo J., Kim W., Lee S. Optimal Path Generation with Obstacle Avoidance and Subfield Connection for an Autonomous Tractor. *Agriculture*. 2023. Vol. 13, No. 1. Article 56. DOI: 10.3390/agriculture13010056.

4. Cordova-Cardenas R., Emmi L., Gonzalez-de-Santos P. Enabling Autonomous Navigation on the Farm: A Mission Planner for Agricultural Tasks. *Agriculture*. 2023. Vol. 13, No. 12. Article 2181. DOI: 10.3390/agriculture13122181.

5. Saha S., Morita T., Ospina R., Noguchi N. A Vision-based Navigation System for an Agricultural Autonomous Tractor. *IFAC-PapersOnLine*. 2022. Vol. 55, No. 32. P. 48–53. DOI: 10.1016/j.ifacol.2022.11.113.

Abstract. *The paper examines computer modeling and trajectory planning for an autonomous power unit used in grain crop production. The application of digital field models, GNSS, 3D modeling, and route planning algorithms to improve field operation accuracy and rationalize energy resource use is analyzed.*

Keywords: *autonomous power unit, computer modeling, trajectory planning, digital field model, GNSS, 3D modeling, grain crops.*

Науковий керівник:

Грубань В.А.

канд. техн. наук, доцент, завідувач кафедри тракторів та сільськогосподарських машин, експлуатації і технічного сервісу

Миколаївський національний аграрний університет