

Сабиров Родион Рашидович,
студент 2 курса магистратуры,
направления «Агроинженерия»,
ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ
Sabirov Rodion Rashidovich,
2nd year Master's degree student in «Agroengineering»,
Bashkir State Agrarian University

Научный руководитель:
Валишин Денис Евгеньевич,
кандидат технических наук, доцент кафедры
«Электрические машины и электрооборудование»,
ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ
Valishin Denis Evgenevich,
associate professor of «Electric machines
and electrical equipment»,
Bashkir State Agrarian University

**СИСТЕМА ТОЧНОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ОРУДИЯ ОТНОСИТЕЛЬНО
РЯДОВ КУЛЬТУР НА ОСНОВЕ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ И
ЭЛЕКТРОУПРАВЛЯЕМОГО ПРИВОДА
SYSTEM FOR PRECISE POSITIONING OF AGRICULTURAL
IMPLEMENTS RELATIVE TO CROP ROWS BASED ON MACHINE
VISION AND AN ELECTRICALLY CONTROLLED DRIVE**

Аннотация. В статье рассматривается система точного позиционирования сельскохозяйственного орудия относительно рядов культур на основе технологий машинного зрения и электроуправляемого привода. Проведен анализ современных систем автоматического ведения агрегатов при междурядной обработке сельскохозяйственных культур. Рассмотрены основные компоненты системы: модуль машинного зрения, электронный блок управления и исполнительный привод. Выполнен сравнительный анализ существующих решений John Deere AutoTrac Vision, FP Vision-System и Raven VSN Visual Guidance. Определены основные факторы, влияющие на точность позиционирования орудия, а также рассмотрены вопросы устойчивости и управляемости машинно-тракторного агрегата. Предложена структурная схема функционирования системы автоматического позиционирования с использованием камер технического зрения и электрогидравлического исполнительного механизма. Использование подобных систем позволяет повысить точность междурядной обработки, снизить повреждаемость растений и уменьшить влияние человеческого фактора.

Abstract. The article discusses a system for precise positioning of agricultural implements relative to crop rows based on machine vision technologies and an electrically controlled drive. An analysis of modern systems for automatic guidance of agricultural machinery during inter-row cultivation is carried out. The main components of the system are considered: a machine vision module, an electronic control unit and an actuator drive. A comparative analysis of existing solutions such as John Deere AutoTrac Vision, FP Vision-System and Raven VSN Visual Guidance is presented. The main factors affecting positioning accuracy as well as issues of stability and controllability of the machine-tractor unit are determined. A structural diagram of the automatic



positioning system using machine vision cameras and an electrohydraulic actuator is proposed. The use of such systems improves the accuracy of inter-row cultivation, reduces crop damage and minimizes the influence of the human factor.

Ключевые слова: Точное земледелие, машинное зрение, электроуправляемый привод, позиционирование орудия, междурядная обработка, автоматическое управление, сельскохозяйственная техника.

Keywords: Precision farming, machine vision, electrically controlled drive, implement positioning, inter-row cultivation, automatic control, agricultural machinery.

Введение: Современное сельское хозяйство характеризуется активным внедрением технологий точного земледелия, направленных на оптимизацию ресурсов и повышение продуктивности. Особую актуальность эти задачи приобретают в условиях защищенного грунта, где стоимость энергетических и трудовых ресурсов составляет значительную часть себестоимости продукции. Традиционный контроль состояния растений, основанный на визуальном осмотре агрономом, является трудоемким, субъективным и не позволяет оперативно реагировать на возникающие угрозы, такие как вспышки заболеваний или появление вредителей.

В этой связи все более востребованными становятся системы автоматического мониторинга, способные круглосуточно и с высокой точностью анализировать состояние растений. Технологии компьютерного зрения (Computer Vision), являющиеся частью искусственного интеллекта, позволяют решать эти задачи путем автоматического анализа цифровых изображений. Их применение позволяет перейти от реактивного к проактивному управлению агротехнологическими процессами, своевременно выявляя проблемы на ранних стадиях [1, 3].

Цель и задачи. Анализ системы точного позиционирования сельскохозяйственного орудия относительно рядов культур на основе машинного зрения и электроуправляемого привода.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

- провести анализ существующих систем автоматического позиционирования;
- рассмотреть основные компоненты системы машинного зрения;
- определить факторы, влияющие на точность позиционирования;
- исследовать вопросы устойчивости и управляемости агрегата.

Материалы и методы. Система точного позиционирования сельскохозяйственного орудия представляет собой комплекс технических средств, обеспечивающих автоматическое корректирование положения орудия при движении по полю [1].

Основными компонентами системы являются:

- камеры машинного зрения;
- электронный блок управления;
- электроуправляемый исполнительный привод;
- датчики обратной связи;
- гидравлическая система управления.

Принцип работы системы заключается в следующем. Камеры, установленные на раме сельскохозяйственной машины, фиксируют изображения рядов культур. Полученные изображения передаются в электронный блок управления, где выполняется обработка кадров и определение положения междурядий.

После вычисления ошибки позиционирования блок управления формирует сигнал на исполнительный механизм. В качестве исполнительного механизма могут использоваться электрогидравлические клапаны, гидроцилиндры или сервоприводы [2].



Для повышения точности системы используются дополнительные датчики:

- датчики угла поворота;
- линейные потенциометры;
- инерциальные датчики;
- спутниковые навигационные системы GPS/ГЛОНАСС.

Алгоритмы обработки изображений могут быть реализованы на основе классических методов компьютерного зрения либо с использованием нейросетевых технологий [3, 4]. Наиболее перспективными являются сверточные нейронные сети, обеспечивающие высокую точность распознавания растений даже при изменении освещенности и наличии сорной растительности.

Результаты и их обсуждение

1. Анализ современных систем точного позиционирования

John Deere AutoTrac Vision. Система John Deere AutoTrac Vision использует технологии машинного зрения для автоматического ведения техники по рядкам культур. Основным элементом является фронтальная камера высокого разрешения, фиксирующая изображения поля в режиме реального времени.

Система объединяет данные спутниковой навигации и компьютерного зрения, что обеспечивает высокую точность движения даже при отсутствии заранее созданных траекторий движения [5].

К преимуществам системы относятся:

- высокая точность позиционирования;
- возможность работы в ночное время;
- автоматическое переключение между GPS-навигацией и машинным зрением;
- устойчивость к сложным условиям эксплуатации.

FP Vision-System. Система FP Vision-System разработана для автоматического управления культиваторами и другими машинами междурядной обработки.

Камеры устанавливаются непосредственно над рядками растений и анализируют изображения нескольких междурядий одновременно. Управляющий сигнал передается в гидравлическую систему рулевого управления.

Основные особенности системы:

- работа с широкозахватными агрегатами;
- наличие подсветки для ночной работы;
- возможность подсчета растений;
- распознавание сорной растительности [2].

Raven VSN Visual Guidance. Система Raven VSN Visual Guidance использует стереокамеру для распознавания рядов культур и автоматического ведения техники.

Основными преимуществами системы являются:

- высокая скорость работы;
- субдюймовая точность позиционирования;
- автоматическое переключение между режимами навигации;
- снижение повреждаемости культур [6].

Преимущества и недостатки систем. Использование систем машинного зрения в сельском хозяйстве обеспечивает ряд преимуществ [2, 4]:

- повышение точности позиционирования;
- снижение повреждений растений;
- уменьшение расхода удобрений и средств защиты растений;
- снижение нагрузки на механизатора;
- возможность работы в сложных условиях и ночью.



Несмотря на значительные преимущества, системы имеют определённые недостатки:

- зависимость от погодных условий;
- необходимость периодической калибровки;
- высокая стоимость оборудования;
- повышенные требования к вычислительным ресурсам;
- снижение точности при сильной засорённости поля.

Выводы: Проведённый анализ показал, что системы точного позиционирования сельскохозяйственного орудия на основе машинного зрения и электроуправляемого привода являются перспективным направлением развития технологий точного земледелия.

Применение камер технического зрения и интеллектуальных алгоритмов обработки изображений позволяет существенно повысить точность междурядной обработки и снизить повреждаемость культурных растений [1, 4].

Наиболее эффективными являются системы, сочетающие технологии машинного зрения, спутниковой навигации и электрогидравлических исполнительных механизмов.

Дальнейшее развитие подобных систем связано с внедрением искусственного интеллекта, адаптивных алгоритмов управления и энергоэффективных вычислительных платформ.

Список литературы:

1. Федосов И.М. Интеллектуальные системы в сельском хозяйстве : монография / И.М. Федосов, А.А. Лебедев. - Москва: ФГБНУ «ФНЦ аграрной экономики и социального развития сельских территорий», 2020. - 215 с.
2. Слюсарь В.В. Алгоритмы компьютерного зрения для роботизированных систем мониторинга в агрономии / В.В. Слюсарь, К.А. Петров // Датчики и системы. - 2019. - № 5 (224). - С. 34–41.
3. Mohanty S.P. Using Deep Learning for Image-Based Plant Disease Detection / S.P. Mohanty, D.P. Hughes, M. Salathé // Frontiers in Plant Science. - 2016. - Vol. 7. - Article 1419.
4. Liakos K.G. Machine Learning in Agriculture: A Review / K.G. Liakos, P. Busato, D. Moshou et al. // Sensors. - 2018. - Vol. 18(8). - P. 2674.
5. Zhang Q. Precision Agriculture Technology for Crop Farming / Q. Zhang. - CRC Press, 2015. - 408 p.
6. Blackmore S. Precision Farming in Europe and the USA / S. Blackmore // Computers and Electronics in Agriculture. - 2017. - Vol. 36. - P. 1–7.

