

24-3211

НА ДОМ НЕ ВЫДАЕТСЯ

**ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ И ПРОГРАММНЫЕ  
СИСТЕМЫ РУЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ  
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ БЕСПИЛОТНОЙ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПЛАТФОРМЫ**

24-03211



Ростов-на-Дону  
2023

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ И ПРОГРАММНЫЕ СИСТЕМЫ  
РУЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ БЕСПИЛОТНОЙ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПЛАТФОРМЫ**

**Монография**

**Ростов-на Дону  
ДГТУ  
2023**

УДК 62-515  
Э45

*Рецензент*  
доктор технических наук, профессор РАН *А.В. Сибирев*

**Авторы:**  
Е.О. Гаранин, И.В. Гурин, Г.М. Израелян, А.А. Назаров,  
М.С. Краси́ло, Е.Д. Роденюк, А.Р. Пасечников,  
К.А. Николаев, П.Г. Скубак, Г.М. Татарников

**Электромеханические и программные системы рулевого управления электрической беспилотной сельскохозяйственной платформы : монография / Е.О. Гаранин, И.В. Гурин, Г.М. Израелян [и др.] ; Донской государственный технический университет. – Ростов-на-Дону : ДГТУ, 2023. – 106 с.**

ISBN 978-5-7890-2180-4

Представлен обзор существующих сельскохозяйственных технологических задач, которые можно решать при помощи роботизированных платформ, а также примеры существующих решений таких платформ от различных зарубежных компаний. Приводится анализ различных систем рулевого управления, применяемых в робототехнике.

Выявлена наиболее перспективная для сельскохозяйственных задач система 4WD4WS, которую решено использовать для разработки роботизированной платформы. Описан макет разрабатываемой платформы, его конструктивная, электрическая, электронная и программная составляющие. Показана структура системы управления макетом платформы при помощи контроллера ручного управления. Рассмотрены сенсорные системы платформы: спутниковая навигация, инерциальная навигация, а также системы очувствления: камеры, датчики и т.д. Проведено полное исследование кинематики 4WD4WS, включая вывод формул прямой и обратной кинематики и математическое моделирование платформы при движении по заранее известной траектории.

Материалы монографии могут быть использованы при разработке и проектировании рулевых механизмов наземной автономной техники в автоматизации и роботизации сельского хозяйства.

УДК 62-515

Печатается по решению редакционно-издательского совета  
Донского государственного технического университета

ISBN 978-5-7890-2180-4

© Донской государственный  
технический университет, 2023

## Оглавление

Принятые сокращения.....	3
Введение.....	4
1. ПРЕДПОСЫЛКИ РОБОТИЗАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН .....	5
2. СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЕ ПЛАТФОРМЫ.....	7
2.1. Посадка .....	7
2.2. Инспекция .....	10
2.3. Опрыскивание .....	13
2.4. Сбор урожая.....	17
2.5. Роботы для борьбы с сорняками.....	26
3. СИСТЕМЫ РУЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ РОБОТОВ .....	35
3.1. Дифференциальная система рулевого управления .....	36
3.2. Система рулевого управления на салазках .....	38
3.3. Двухколесные рулевые системы Аккермана.....	39
3.4. Системы рулевого управления Аккермана четырьмя колесами ...	41
3.5. Системы шарнирного рулевого управления .....	42
3.6. Системы рулевого управления с синхронным приводом.....	43
3.7. Всенаправленные системы рулевого управления .....	44
3.8. Полный независимый привод. Полный независимый руль.....	46
4. МАКЕТИРОВАНИЕ РОБОТИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА .....	48
4.1. Конструктивная часть ходового узла .....	49
4.2. Конструкция колесной базы .....	52
4.3. Перспективная конструкция поворотного узла .....	55
4.4. Система управления .....	59
4.5. Моделирование алгоритмов системы управления .....	61
4.6. Инерциальная и глобальная навигационные системы.....	62
4.7. Система очувствления беспилотной платформы.....	69
5. ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛНОЙ НЕЗАВИСИМОЙ РУЛЕВОЙ И ПРИВОДНОЙ КИНЕМАТИКИ .....	81
5.1. Определение тел и координат.....	81
5.2. Отслеживание траектории: взаимосвязь траектории и положения шасси.....	82
5.3. Взаимосвязь траектории и МЦВ.....	86
5.4. Взаимосвязь МЦВ и углов поворота колес.....	88
5.5. Скорости вращения колес и скорости рыскания тела.....	91
Заключение.....	95
Библиографический список.....	96