

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО СРЕДСТВА СО СМЕННЫМИ МОДУЛЯМИ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР

*Иванов А.Г., Несмиянов И.А., Воробьева Н.С., Бирин Г.Д.
Волгоградский государственный аграрный университет, Волгоград*

Ключевые слова: реконфигурируемое роботизированное средство, сменный модуль, укладка мульчирующей пленки, полосовое опрыскивание, прецизионная прополка.

Аннотация. В статье представлены результаты оценки автономности и эффективности разработанного нового реконфигурируемого роботизированного агрегата со сменными базовыми модулями для некоторых технологических процессов возделывания овощных культур для селекции и семеноводства, обеспечивающих достижение требуемых показателей в соответствии с агротехническими требованиями возделываемых овощных культур и условиями эксплуатации сельхозмашин.

EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF A ROBOTIC TECHNOLOGY UNIT WITH INTERCHANGEABLE MODULES FOR VARIOUS TECHNOLOGICAL PROCESSES OF VEGETABLE CULTIVATION

*Ivanov A.G., Nesmiyanov I.A., Vorobyova N.S., Birin G.D.
Volgograd State Agrarian University, Volgograd*

Keywords: reconfigurable robotic tool, replaceable module, mulching film laying, strip spraying, precision weeding.

Abstract. The article presents the results of evaluating the autonomy and efficiency of a newly developed reconfigurable robotic unit with interchangeable base modules for certain technological processes of cultivating vegetable crops for breeding and seed production, which ensure the achievement of the required indicators in accordance with the agrotechnical requirements of the cultivated vegetable crops and the operating conditions of agricultural machinery.

Для выполнения различных технологических процессов возделывания овощных культур разработана конструкция опытного образца реконфигурируемого робототехнического комплекса, которая основана на модульном построении и имеет сменные базовые модули [1, 2].

В качестве энергетического модуля используется самоходное шасси 1 (рис. 1) типа Агромаш-50СШ или ВТЗ-30СШ. Робототехническое средство предназначено для выполнения трёх технологических процессов, для которых разработаны сменные модули: модуль 2 для использования мульчирующей пленки при возделывании овощных культур; модуль 3 для полосового внесения средств защиты растений и агрохимикатов; модуль 4 дискретной прецизионной прополки сорняков в рядках. Данные модули устанавливаются на лонжероны самоходного шасси 1. Для всех модулей разработана единая унифицированная система управления 5 исполнительными приводами [2].

Все сменные модули были апробированы в полевых условиях и показали свою работоспособность. На всех операциях все агротехнические требования к заданным технологическим процессам выполнялись в допустимых пределах.

Определение целесообразности применения различных технических решений обусловлено функциональностью, производительностью и технико-

экономическим обоснованием. Проблема использования технических новинок зачастую сводится к оценке экономических показателей. Разработка тех или иных решений, как правило, направлено на улучшение производственных показателей с целью снижения затрат и увеличения экономической эффективности.

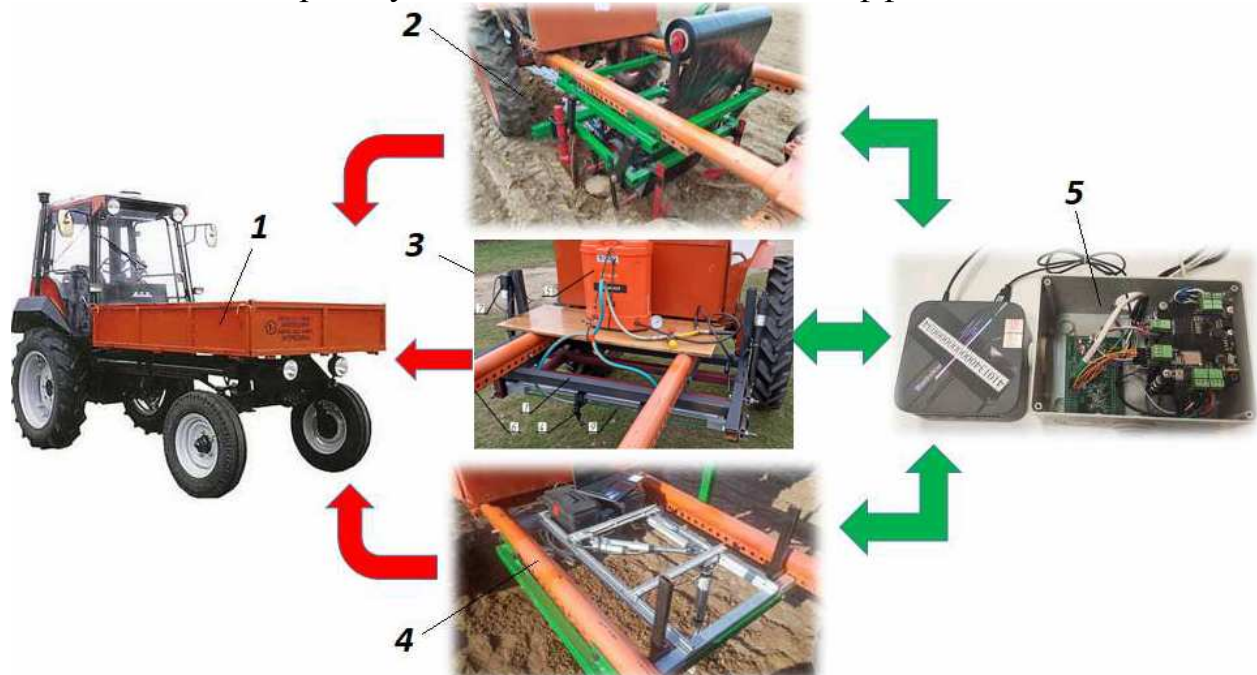


Рис. 1. Роботизированный агрегат со сменными модулями

«Одним из характерных показателей мехатроники является автономность мехатронного объекта...» [3]. Для разрабатываемого роботизированного агрегата со сменными модулями коэффициент автономности является важным показателем функционирования реконфигурируемого агрегата.

Коэффициент автономности роботизированного средства [4]:

$$k_a = \frac{K_m}{K_m + K_o}, \quad (1)$$

где K_m – количество функций самостоятельно выполняемых мехатронным модулем; K_o – количество функций, выполняемых человеком – оператором.

Полностью автономная система имеет коэффициент автономности $k_a = 1$.

Реконфигурируемый робот со сменными модулями направлен на выполнение различных технологических операции для возделывания овощных культур. Имея общую базу и автоматизированную систему управления, данный реконфигурируемый позволяет увеличить функциональность и сократить трудозатраты по настройке и контролю технологических операции. При работе со всеми модулями оператор осуществляет только управление движением шасси для удержания в рядке, поэтому принято $K_o = 1$.

Модуль для укладки мульчирующей пленки в автоматическом режиме производит следующие операции: формирование борозд под края плёнки, укладка мульчирующей плёнки, укладка трубопровода капельного орошения, присыпание краёв пленки (фиксация на поверхности поля) и перфорация плёнки. Таким образом $K_m = 5$.

Модуль для полосового опрыскивания овощных культур в автоматическом режиме производит распознавание растения с помощью системы технического зрения (СТЗ) для определения периода вегетации, осуществляет горизонтальное

перемещение форсунок для позиционирования в рядке, подстраивает угол распыла жидкости в зависимости от высоты растения и листовой массы и в автоматическом режиме определяет расход жидкости. Для данного модуля определено $K_m = 4$.

Модуль дискретной прополки сорняков в рядках определяет с помощью СТЗ сорняки и их координаты относительно шасси, осуществляет позиционирование рабочего органа в данной точке поля при постоянном движении шасси, осуществляет прополку путём фрезерования стеблевой и корневой системы сорняка. Таким образом получено $K_m = 3$.

В таблицу 1 сведены результаты расчета коэффициента автономности k_a для каждого модуля.

Табл. 1. Коэффициент автономности реконфигурируемого роботизированного агрегата с различными сменными модулями

Модуль в составе агрегата	Коэффициенты		
	K_m	K_o	k_a
Модуль для укладки мульчирующей пленки	5	1	0,83
Модуль для полосового опрыскивания овощных культур	4	1	0,80
Модуль дискретной прополки сорняков в рядках	3	1	0,75

Данная система модулей позволяет одному трактористу-машинисту выполнять работу без участия дополнительных рабочих и сократить количество техники, агрегируемой с трактором. В связи с чем экономическая оценка модулей проводилась в сравнении с заменяемыми агрегатами.

Учитывая, что модульная система позволяет использовать агрегат для различных технологических процессов, соответственно уменьшаются простои энергетического средства – самоходного шасси, заменяя другие агрегаты, поэтому эксплуатационные расходы учитываются в сумме по всем модулям. Экономия эксплуатационных расходов составляет 203 тыс. руб. (по состоянию на декабрь 2025 г.). Срок окупаемости предлагаемой конструкции составляет 3,5 года.

Список литературы

1. Несмиянов И.А., Воробьева Н.С., Иванов А.Г., Шарипов Р.В. Реконфигурируемое робототехническое средство со сменными модулями для различных технологических процессов селекционного возделывания овощных культур // Мехатроника, автоматика и робототехника. – 2025. – №15. – С. 145-148.
2. Несмиянов И.А., Воробьева Н.С., Иванов А.Г., Бирин Г.Д. Система управления реконфигурируемым робототехническим средством со сменными модулями для различных технологических процессов возделывания овощных культур // Мехатроника, автоматика и робототехника. – 2025. – №16. – С. 4-8.
3. Старовойтов Е.И. Управление мобильными роботами и робототехническими системами: учебник. – М.: КНОРУС, 2021 – 264 с.
4. Тугенгольд А.К. Автономность и интеллектуальность мехатронных объектов // Вестник ДГТУ. – 2009. – Т. 9, №2. – С. 40-47.

Сведения об авторах:

Иванов Алексей Геннадьевич – к.т.н., доцент;

Несмиянов Иван Алексеевич – д.т.н., профессор;

Воробьева Наталья Сергеевна – д.т.н., доцент;

Бирин Георгий Дмитриевич – студент.