

EDN: QPQSOK

DOI: 10.22314/2073-7599-2026-20-2-59-66



Научная статья

УДК 631.343



## Автоматизированный секционный рабочий орган для борьбы с сорной растительностью в рядах картофеля

**Антон Михайлович Захаров**,  
кандидат технических наук,  
ведущий научный сотрудник,  
e-mail: zamsznii@yandex.ru;

**Алексей Дмитриевич Комоедов**,  
младший научный сотрудник,  
e-mail: komoedov.alexej@yandex.ru

Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиал Федерального научного агроинженерного центра ВИМ, Санкт-Петербург, Российская Федерация

**Реферат.** Характерными для органического производства технологическими процессами и операциями наряду с обработкой посадок биологическими защитными препаратами и локальным внесением органических удобрений следует считать борьбу с сорняками. Доступные на рынке механизированные технические средства для возделывания пропашных культур удаляют сорную растительность в междурядье, при этом в рядах между культурными растениями остается до 15-20% сорняков. (*Цель исследования*) Разработать конструктивно-технологическую схему и алгоритм действия автоматизированного секционного рабочего органа для удаления сорной растительности в рядах картофеля с применением цифровых решений в виде машинного обучения и компьютерного зрения. (*Материалы и методы*) Особенность борьбы с сорняками заключается в необходимости постоянного захода прополочного ножа в гребень и выхода из него. Соответственно прополочный нож должен иметь определенную конструкцию, геометрические параметры и привод. Также необходима система контроля глубины хода ножа, обеспечивающую стабильную работу при переменном контакте с почвой. (*Результаты и обсуждение*) Предложена информационная модель процесса удаления сорной растительности, которая показывает влияние конструктивных, технологических, технических параметров, а также параметров среды на эффективность удаления сорняков, повреждаемость культур и энергоёмкость операций. Сформирована конструктивно-технологическая схема, составлен алгоритм действия автоматизированного секционного рабочего органа. (*Выводы*) Выявлена зависимость усилия, возникающего на боковых кромках прополочного ножа при изменении угла наклона боковых лезвий и глубины хода при заходе в гребень и выхода из него. При оптимальных параметрах прополочного ножа это усилие не должно превышать 38,2 Н. Данная модель процесса позволит правильно оценивать нагрузки на привод прополочного ножа и рационально выбирать параметры его работы.

**Ключевые слова:** органическое сельское хозяйство, борьба с сорной растительностью, рабочий орган, алгоритм работы, картофель.

■ **Для цитирования:** Захаров А.М., Комоедов А.Д. Автоматизированный секционный рабочий орган для борьбы с сорной растительностью в рядах картофеля // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2026. Т. 20. №2. С. 59-66. DOI: 10.22314/2073-7599-2026-20-2-59-66. EDN: .QPQSOK

Scientific article

### Automated Sectional Working Unit for Weed Control in Potato Rows

**Anton M. Zakharov**,  
Ph.D.(Eng.), leading researcher,  
e-mail: zamsznii@yandex.ru;

**Alexey D. Komoedov**,  
junior researcher,  
e-mail: komoedov.alexej@yandex.ru

Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production – Branch of Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

**Abstract.** Weed control should be regarded as one of the key technological operations in organic crop production, along with the application of biological plant protection agents and the localized placement of organic fertilizers. Mechanized equipment currently available for row-crop cultivation is primarily designed to remove weeds from the inter-row space. However, 15–20 percent of weeds may remain within the crop rows, in the spaces between cultivated plants. (*Research purpose*) The study aimed to develop a structural and technological diagram and an operating algorithm for an automated sectional working unit for in-row weed removal in potato crops, using digital solutions based on machine learning and computer vision. (*Materials and methods*)

A distinctive feature of in-row weed control in potato crops is that the weeding blade must periodically move into and out of the ridge during operation. This imposes specific requirements on the blade design, its geometric parameters, and the drive system. A system for controlling the blade working depth is also required to maintain stable operation under variable soil-contact conditions. (*Results and discussion*) An information model of the weed removal process was proposed. The model describes how design, technological, technical, and environmental parameters affect weed removal efficiency, crop damage, and energy consumption during the operation. A structural and technological diagram was developed, and an operating algorithm for the automated sectional working unit was compiled. (*Conclusions*) The study determined how the force acting on the side cutting edges of the weeding blade depends on the inclination angle of these edges and the working depth during blade entry into and exit from the ridge. Under the optimal blade parameters, this force should not exceed 38.2 newtons. The proposed process model enables accurate estimation of the loads acting on the weeding blade drive and supports the rational selection of its operating parameters.

**Keywords:** organic farming, weed control, working unit, operating algorithm, potato crops

■ **For citation:** Zakharov A.M., Komoedov A.D. Automated sectional working unit for weed control in potato rows. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2026. Vol. 20. N2. 59-66 (In Russian). DOI: 10.22314/2073-7599-2026-20-2-59-66. EDN: QPQSOK.

Современное сельское хозяйство требует внедрения автоматизированных, роботизированных и цифровых технологий, которые позволяют повысить основные показатели производства продукции АПК [1, 2]. Использование таких систем должно создать оптимальные и эффективные природоподобные условия для максимальной реализации генетического потенциала растений и обеспечить экологическую безопасность окружающей среды [2, 3]. Производство органической продукции включает применение способов, методов, средств и технологий, обеспечивающих благоприятное состояние окружающей среды, здоровья человека, сохранение и восстановление плодородия почв. В России наблюдается активный рост площадей, занятых под органическое сельское хозяйство, и около 99% российского экспорта органической продукции составляет сырьевая продукция растениеводства [4, 5].

В Институте агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства разработаны методы и обоснованы критерии проектирования технологий органического производства картофеля для условий Северо-Западного региона РФ [6]. Сравнительный анализ интенсивной и органической технологий производства картофеля показал, что характерными именно для органического производства технологическими процессами и операциями, которые невозможно перенести из интенсивного производства по ряду технико-технологических, агрономических и законодательных ограничений, следует считать обработку посадок биологическими защитными препаратами, локальное внесение органических удобрений и борьбу с сорной растительностью [7-9].

На наш взгляд наиболее актуальным является удаление сорняков, в том числе в рядах посадок культурных растений, так как согласно законодательным ограничениям на применения пестицидов

этот процесс должен выполняться механизировано или автоматизировано с применением современных цифровых решений в виде машинного обучения и компьютерного зрения [10, 11].

Доступные на рынке механизированные технические средства для возделывания пропашных культур удаляют сорную растительность в междурядье, но в рядах остается до 15-20% сорняков [12, 13]. Расход влаги и элементов питания, которые теряет культурное растение, приводит к потерям урожая и повышению засоренности почв [14, 15]. Рассмотренные машины и технические средства зарубежного производства предназначены для гладкой поверхности. Кроме этого для посадки, ухода и уборки урожая требуется закупать дорогостоящие машины, которые спроектированы как единая технологическая линия. Представленная на рынке техника разработана под зарубежные стандарты и почвенно-климатические зоны, с учетом характерных видов и корневых систем сорных растений. В совокупности эти обстоятельства затрудняют эффективную эксплуатацию зарубежных машин на территории Российской Федерации [16, 17].

**Цель исследования:** разработать конструктивно-технологическую схему и алгоритм работы автоматизированного секционного рабочего органа для борьбы с сорной растительностью в рядах картофеля с применением цифровых решений в виде машинного обучения и компьютерного зрения.

Задачи исследований:

- обоснование и разработка конструктивно-технологической схему автоматизированного секционного рабочего органа;
- разработка алгоритма его действия.

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ.** Теоретические исследования базировались на применении основных положений законов механики, численных методов решения дифференциальных уравнений и методов математического моделирования. Прикладные за-

дачи решались в среде *Excel* и *Kompas-3D*. Экспериментальные исследования проводились в лабораторных и полевых условиях с использованием современных измерительных средств на основе теории планирования эксперимента.

При удалении сорняков в рядах картофеля прополочный нож должен постоянно заходить в гребень и выходить из него. Исходя из этого, прополочный нож должен иметь соответствующие конструкцию, геометрические параметры и привод. Также для обеспечения стабильной работы при переменном контакте с почвой необходима система контроля глубины хода ножа (Дорохов А.С., Загоруйко М.Г., Давыдова С.А. и др. Робототехнические средства в сельском хозяйстве; в кн. Новые механизмы робототехнических и измерительных систем. М.: Техносфера. 2022. С. 9-48), [18]. Для проведения исследований разработана лабораторная установка, которая позволила установить зависимость усилия на прополочном ноже от угла наклона боковых лезвий и глубины хода рабочего органа.

**Результаты и обсуждение.** Предложена информационная модель технологического процесса удаления сорной растительности в рядах картофеля (рис. 1). В информационную модель входят:

- конструктивные параметры – угол наклона боковых лезвий ( $X1$ ), угол атаки прополочного ножа ( $X2$ );
- технологические параметры – глубина хода прополочного ножа ( $A1$ ), скорость движения ( $A2$ ), размер необработанной площади ( $A3$ );
- параметры среды – физико-механические свойства почвы ( $B1$ ), фаза развития сорной растительности ( $B2$ ), стадия вегетации картофеля ( $B3$ );
- параметры эффективности удаления сорной растительности ( $Y1$ ), энергоёмкость процесса ( $Y2$ ), повреждаемость культуры ( $Y3$ ).

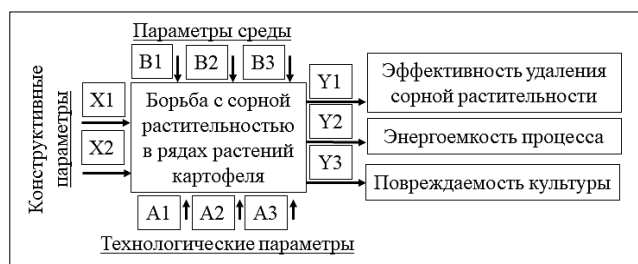


Рис. 1. Информационная модель удаления сорной растительности в рядах картофеля  
Fig. 1. Information model for weed removal in potato rows

Анализ факторов, влияющих на процесс удаления сорняков в рядах пропашных культур при органическом производстве, позволил обосновать агротехнические требования к использованию автоматизированного секционного рабочего органа. Его нужно применять в период от появления пол-

ных всходов, что соответствует 12-16 дням вегетации в зависимости от сорта картофеля и погодноклиматических условий, до стадии смыкания ботвы на 45-50 день. Глубина хода прополочного ножа должна быть от 2 до 6 см, так как наиболее эффективно механически удалить сорные растения можно до появления 3-го листа, когда корневая система сорняка слабая и после механического воздействия снижается риск повторного прорастания [19]. Конструктивно-технологическая схема автоматизированного секционного рабочего органа показана на рисунке 2.

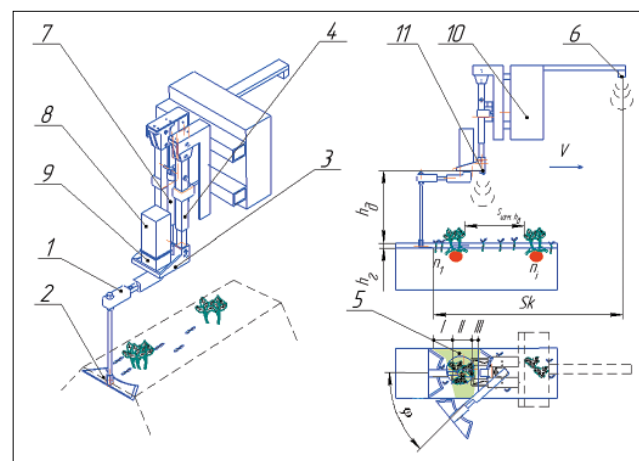


Рис. 2. Конструктивно-технологическая схема автоматизированного секционного рабочего органа  
Fig. 2. Structural and technological diagram of the automated sectional working unit

Прополочный нож 2, закрепленный на Г-образной вертикальной поворотной стойке 1, заглублен в почву на глубину  $h_2$ , контролируемую относительно расстояния  $h_n$ , определяемого ультразвуковым датчиком расстояния 11. Зона измерения глубины хода прополочного ножа определяется на основе обработки с использованием нейросети видеоизображения, полученного с камеры машинного зрения 6 при определении кустов растений картофеля для управления прополочным ножом и обхода защитной зоны 5 [20].

Траектория обхода картофеля состоит из трех основных частей:

- I – выход из ряда при приближении к защитной зоне картофеля;
- II – движение вдоль ряда картофеля;
- III – возвращение в ряд.

Расстояние от камеры до прополочного ножа  $S_k$  определяется исходя из инертности системы из-за задержек обработки информации и срабатывания привода ножа [21]. Глубина хода ножа регулируется с помощью линейного актуатора 7, шток которого по направляющим 4 перемещает основание 3 с шаговым двигателем 8, закрепленным через редуктор 9.

В монтажном блоке 10 расположен микрокомпьютер. В программу вводятся требуемые параметры работы устройства: скорость движения трактора, схема посадки обрабатываемых пропашных культур, расстояния между растениями, глубина хода пропашного ножа, исходное положение выходного вала редуктора.

Перед началом работы нож заглубляют на требуемую глубину. Сигнал с блока управления поступает на управление линейным актуатором 7. В процессе работы актуатор поднимает или опускает основание 3 на необходимую величину в зависимости от показаний датчика расстояния 11.

При работе определяют реальную скорость и направление движения трактора. Сигнал с датчика скорости поступает на блок управления и сравнивается с требуемыми параметрами, если их значения выходят за допустимые пределы, подается сигнал водителю. По сигналу с блока управления двигатель 8 через редуктор 9 выводит пропашный нож из рядка, затем отключается. Водитель останавливает трактор и после устранения сбоя в работе продолжает операции удаления сорняков.

При несоблюдении заданного заглубления пропашного ножа датчик расстояния до верхней полки гребня 11 подает сигнал на блок управления, расположенный в монтажном блоке 10. Линейный актуатор срабатывает на изменение величины выдвигания штока, поднимая или опуская нож.

С установленной впереди разрабатываемого устройства камеры машинного зрения изображение передается на блок управления, который определяет расположение растений и формирует сигнал на двигатель 9 для обработки почвы вокруг культурного растения [22].

Составлен алгоритм работы автоматизированного секционного рабочего органа (рис. 3), который включает в себя математическую модель обхода кустов картофеля, работу системы контроля глубины хода пропашного ножа и использование нейронной сети YOLOv5 для обнаружения кустов картофеля (целей) [21].

Начало 1 – старт алгоритма рабочего органа при запуске системы.

Инициализация 2 – проверка систем, соединение с сервером.

Ввод параметров обработки 3 – задание через удаленный интерфейс технологических параметров: глубины обработки, скорости движения.

Решающий блок 4 – проверка соответствия положения вала шагового двигателя начальной позиции. При отклонении от заданного положения через счетчик циклов 5 начинается расчет необходимого количества шагов и направления поворота двигателя. Отправляется команда на драйвер 7 и поворот двигателя на заданный угол 8.

Решающий блок 4 – проверка положения двигателя, если отклонений нет, устройство переходит на начало движения 10.

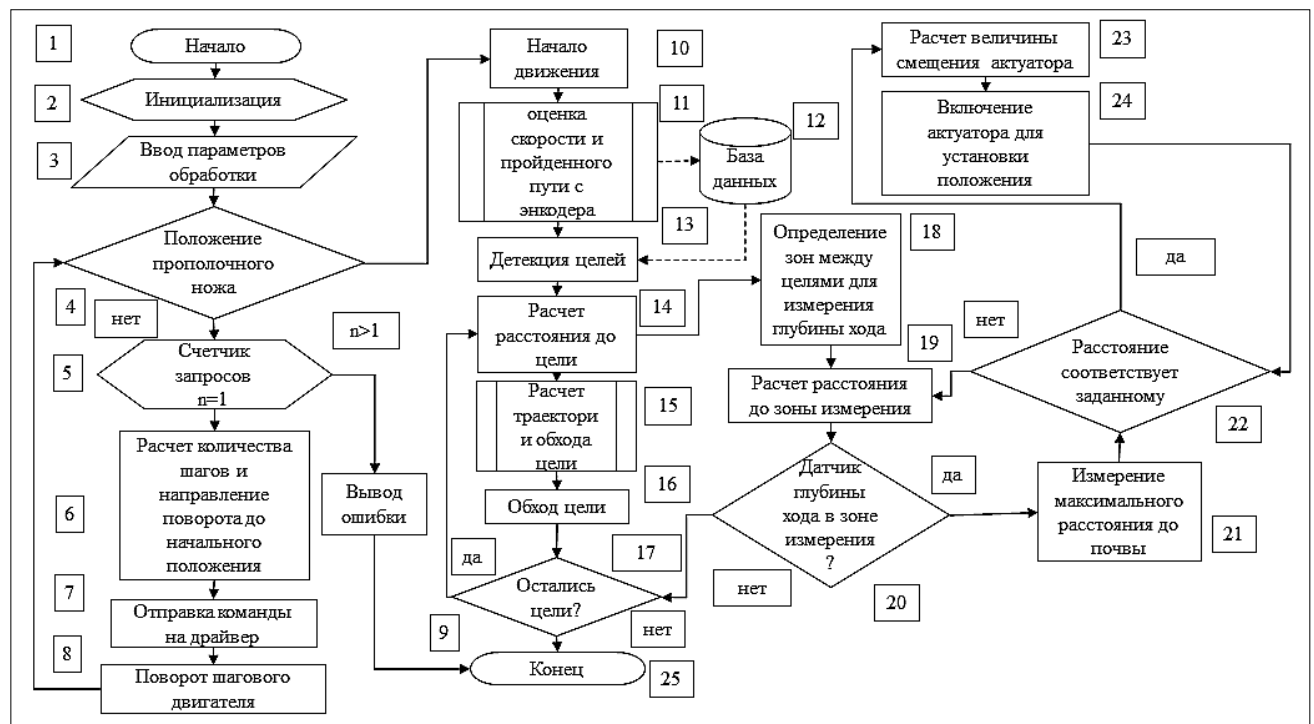


Рис. 3. Блок-схема алгоритма работы автоматизированного секционного рабочего органа  
 Fig. 3. Flowchart of the operating algorithm for the automated sectional working unit

Процесс 11 – измерение количества импульсов с энкодера для записи данных о скорости движения и пройденном пути.

Блок 12 – занесение детекции целей и координат расположения в базу данных 13 с синхронизацией информации от блока 11. Передача с блока 13 данных о скорости движения и пройденном пути на блок 14 для расчета расстояния до цели (кусты картофеля) с учетом размера защитной зоны растений.

Процесс 15 – расчет траектории обхода цели и передача данных в блок 16.

Решающий блок 17 – определение оставшихся целей, расчет через блок 14 расстояния до следующей цели. Если целей больше нет, прополочный нож завершает обработку.

Блок 18 – определение по данным детекции целей зоны для измерения глубины хода параллельно с расчетом обхода растений.

Блок 19 – расчет расстояния до зоны измерения глубины хода.

Решающий блок 20 – определение положения ультразвукового датчика относительно зоны измерения. Если датчик достиг заданного положения, то блок 21 выполняет измерение.

Решающий блок 22 – определение соответствия расстояния до почвы заданному значению. Если отклонений нет, прополочный нож остается в том же положении. При необходимости корректировки выполняется расчет изменения расстояния в блоке 23.

Блок 24 – регулировка положения и переход к блоку 22 для проверки корректности выставленного положения.

Для целей исследования разработана лабораторная установка (рис. 4), которая позволяет определить зависимости эффективности удаления сорной растительности в рядах картофеля от конструктивно-технологических параметров и режимов работы автоматизированного секционного рабочего органа.

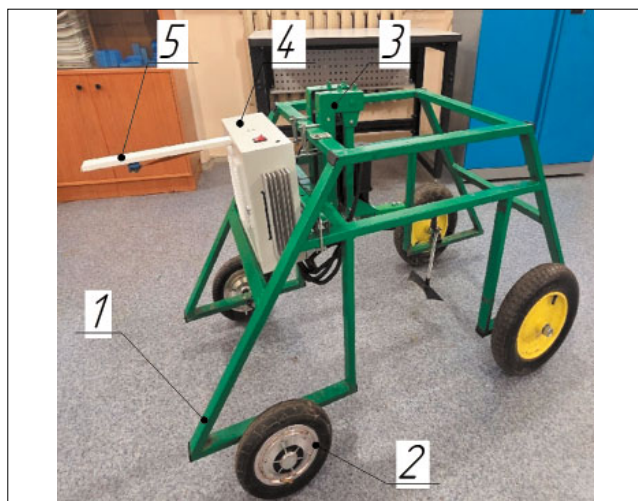


Рис. 4. Лабораторная установка  
Fig. 4. Laboratory setup

Лабораторная установка представляет собой раму 1 с приводными мотор-колесами 2. Управление осуществляется от драйвера в зависимости от установленной скорости. На раме установлен автоматизированный секционный рабочий орган 3. Он состоит из шагового двигателя, который приводит в действие прополочный нож, и актуатора, который регулирует глубину хода ножа при поступлении сигнала от микрокомпьютера, расположенного в монтажном блоке 4. Расстояние определяется с помощью камеры машинного зрения 5.

Во время работы микрокомпьютер фиксирует данные о скорости движения, которые поступают с оптического датчика скорости на заднем колесе установки и тензозвена, установленного на поворотной стойке рабочего органа. Данные о скорости движения и нагрузках, возникающих в точке измерения, синхронизируются с временем работы и записываются.

Использовали двухфакторный трехуровневый центральный композиционный план опыта в трехкратной повторности (таблица).

Таблица		Table		
ПЛАН ЭКСПЕРИМЕНТА / EXPERIMENTAL DESIGN				
Фактор	Уровень			Интервал
	-1	0	+1	
Глубина хода лезвия ножа $h$ (X1), см	2	4	6	2
Угол наклона боковых лезвий ножа $\alpha$ (X2), град	45	60	75	15

Экспериментальные исследования автоматизированного секционного рабочего органа позволили определить оптимальные параметры работы про-

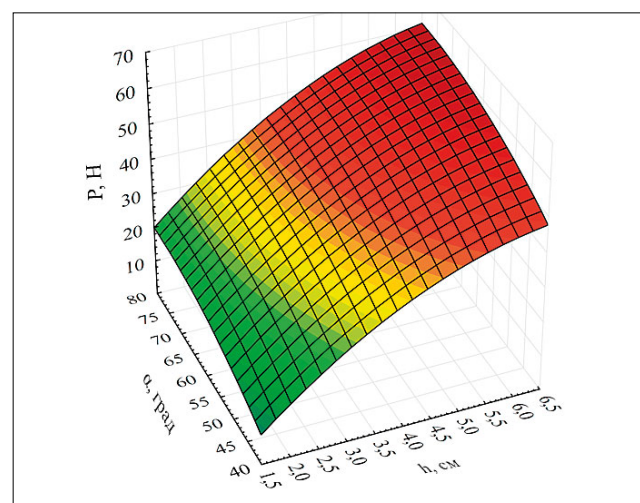


Рис. 5. Зависимость поверхности отклика усилия на прополочном ноже от угла наклона его боковых лезвий и глубины хода

Fig. 5. Response surface of the force acting on the weeding blade as a function of the inclination angle of its side cutting edges and working depth

полочного ножа: глубина хода 3,3 см и угол наклона боковых лезвий 60,3 град, при этом максимальное удаление сорной растительности составил 92,2% [19].

Анализ полученных данных о возникающей нагрузке при изменении факторов позволил установить зависимость усилия, возникающего на боковых кромках прополочного ножа, от угла наклона боковых лезвий ( $\alpha$ ) и глубины хода ( $h$ ).

$$P = -52,3156 + 16,3617h + 1,305\alpha - 1,1342h^2 + 0,0123h\alpha - 0,0087\alpha^2, \text{ Н.}$$

На рисунке 5 показана поверхность отклика усилия на прополочном ноже при изменении угла наклона боковых лезвий и глубины хода.

Статистический анализ данных исследования при глубине хода 4 см и угле наклона 60 градусов показал, что средняя арифметическая и ошибка средней составила  $47,48 \pm 0,58$  Н; стандартное отклонение 3,04 Н; коэффициент вариации 6,41%; относительная ошибка средней 1,23%.

Полученная математическая модель позволила определить, что при оптимальных параметрах прополочного ножа усилие на боковых лезвиях составит 38,2 Н. Данная модель позволяет правильно оце-

нить нагрузки, действующие на привод ножа, и рационально выбрать параметры его работы.

**Выводы.** Разработана информационная модель, которая показывает влияние конструктивных, технологических параметров и параметров среды на эффективность удаления сорняков, повреждаемость культур и энергоёмкость процесса.

Предложена конструктивно-технологическая схема автоматизированного секционного рабочего органа для борьбы с сорной растительностью в рядах картофеля, обоснован набор датчиков и оборудования, необходимого для изготовления технического средства.

Разработан алгоритм действия рабочего органа с использованием обученной нейросети на собранных в полевых условиях снимках для детекции растений картофеля. Уровень достоверности модели до 93%.

При оптимальных параметрах прополочного ножа усилие на его боковых лезвиях не должно превышать 38,2 Н. Предлагаемая модель позволит правильно оценивать нагрузки, действующие на привод прополочного ножа и рационально выбрать параметры процесса удаления сорняков.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Лобачевский Я.П., Дорохов А.С. Цифровые технологии и роботизированные технические средства для сельского хозяйства // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2021. N15(4). С. 6-10. DOI: 10.22314/2073-7599-2021-15-4-6-10.
- Лобачевский Я.П., Старовойтов С.И., Ахалая Б.Х., Ценч Ю.С. Цифровые технологии в почвообработке // *Инновации в сельском хозяйстве*. 2019. N1(30). С. 191-197. EDN: ZAWQJF.
- Федоренко В.Ф. О трансформации и интеграции в природный ресурсооборот технологических процессов и технических систем обработки почвы при производстве органической продукции // *АгроЭкоИнженерия*. 2024. N3(120). С. 4-19. DOI: 10.24412/2713-2641-2024-3120-4-19.
- Войтюк В.А., Кондратьева О.В., Слинко О.В. Органическое сельское хозяйство в России: вызовы и возможности // *АгроЭкоИнженерия*. 2024. N3 (120). С. 19-32. DOI: 10.24412/2713-2641-2024-3120-19-32.
- Слинко О.В., Кондратьева О.В., Войтюк В.А., Полухин А.А. Роль информационного обеспечения в развитии органического сельского хозяйства // *АгроЭкоИнженерия*. 2025. N2 (123). С. 16-27. DOI: 10.24412/2713-2641-2025-2123-16-27.
- Захаров А.М., Устроев А.А., Мурзаев Е.А., Комоедов А.Д. Методы проектирования технологий органического производства продукции растениеводства // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2025. N19(1). С.13-21. DOI: 10.22314/2073-7599-2025-19-1-13-21.
- Maksimov D.A., Minin V.B., Ustroev A.A. et al. The effect of biologized methods of potato cultivation in organic farming on its yield. IOP Series. 2019. 012088. DOI: 10.1088/1755-1315/341/1/012088.
- Захаров А.М., Мурзаев Е.А., Комоедов А.Д. Обоснование элементов конструкции машины для борьбы с сорной растительностью на основе морфологического анализа // *АгроЭкоИнженерия*. 2023. N1(114). С. 42-53. DOI: 10.24412/2713-2641-2023-1114-42-53.
- Ахалая Б.Х., Старовойтов С.И., Ценч Ю.С. и др. Комбинированный агрегат с универсальным рабочим органом для поверхностной обработки почвы // *Техника и оборудование для села*. 2020. N8(278). С. 8-11. DOI: 10.33267/2072-9642-2020-8-8-11.
- Захаров А.М., Перекопский А.Н., Комоедов А.Д. Обоснование роботизированных средств для органического производства картофеля // *Техника и оборудование для села*. 2025. N9 (339). С. 21-26. DOI: 10.33267/2072-9642-2025-9-21-26.
- Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Ценч Ю.С. и др. О синтезе роботизированного сельскохозяйственно-мобильного агрегата // *Вестник российской сельскохозяйственной науки*. 2019. N4. С. 63-68. DOI: 10.30850/vrsn/2019/4/63-68.
- Quan L., Jiang W., Li H. et al. Intelligent intra-row robotic weeding system combining deep learning technology with a target-ed weeding mode. *Biosystems Engineering*. 2022. Vol. 216. 13-31. DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2022.01.019.
- Thakur A., Kumar A., Mishra S.K. Control techniques for

- vision-based autonomous vehicles for agricultural applications: A meta-analytic review. *Artificial Intelligence: Theory and Applications*. 2023. Vol. 843. 1-14. DOI: 10.1007/978-981-99-8476-3\_1.
14. Li Y., Guo Zh., Shuang F. et al. Key technologies of machine vision for weeding robots: A review and benchmark. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2022. Vol. 196. 106880. DOI: 10.1016/j.compag.2022.106880.
  15. Угловский А.С., Семеренко Н.Ю. Автоматизированная система уничтожения сорных растений с использованием высоковольтного разряда и механизма обратной связи // *АгроЭкоИнженерия*. 2025. N1(122). С. 104-120. DOI: 10.24412/2713-2641-2025-1122-104-119.
  16. Zawada M., Legutko S., Gościańska-Łowińska J. et al. Mechanical weed control systems: methods and effectiveness. *Sustainability*. 2023. 15(21). 15206. DOI: 10.3390/su152115206.
  17. Puneet Saini, D.S Nagesh. Robotic weed removal using deep learning for precision farming. *Advancements and Key Challenges in Green Energy and Computing*. 2024. DOI: 10.1109/AKGEC62572.2024.10869035.
  18. Казакиевич П.П., Комлач Д.И., Юрин А.Н., Воробей А.С. К разработке машин на основе искусственного интеллекта и систем технического зрения // *АгроЭкоИнженерия*. 2023. N1(114). С. 14-31. DOI: 10.24412/2713-2641-2023-1114-14-31.
  19. Комоедов А.Д. Исследование автоматизированного рабочего органа для борьбы с сорной растительностью // *АгроЭкоИнженерия*. 2025. N3 (124). С. 18-33. DOI: 10.24412/2713-2641-2025-3124-18-32.
  20. Сафонов Д.И., Смирнов И.Г., Кутырёв А.И., Мирзаев М.А. Анализ применения лазерного излучения для контроля сорной растительности // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2024. Т. 71. N2 (55). С. 20-28. DOI: 10.22314/2658-4859-2024-71-2-20-28.
  21. Кутырёв А.И., Дышеков А.И. Разработка системы управления движением роботизированной платформы на основе методов лазерной дальнометрии (LiDAR) // *Агроинженерия*. 2023. Т. 25. N2. С. 19-27. DOI: 10.26897/2687-1149-2023-2-19-27.
  22. Мирзаев М.А., Смирнов И.Г. Система позиционирования рабочих органов при дифференцированном опрыскивании растений // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2024. Т. 18. N1. С. 96-100. DOI: 10.22314/2073-7599-2024-18-1-96-100.

## REFERENCES

1. Lobachevskiy Ya.P., Dorokhov A.S. Digital technologies and robotic devices in the agriculture. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2021. N15(4). 6-10 (In Russian). DOI: 10.22314/2073-7599-2021-15-4-6-10.
2. Lobachevsky Ya.P., Starovoitov S.I., Akhalaya B.Kh., Tsench Yu.S. Digital technologies in cultivation. *Innovations in Agriculture*. 2019. N1(30). 191-197 (In Russian). EDN: ZAWQJF.
3. Fedorenko V.F. On transformation and integration of technological processes and technical systems of soil cultivation into the natural resource cycle in organic production. *AgroEcoEngineering*. 2024. N3 (120). 4-19 (In Russian). DOI: 10.24412/2713-2641-2024-3120-4-19.
4. Voytyuk V.A., Kondratieva O.V., Slinko O.V. Organic agriculture in Russia: challenges and opportunities. *AgroEcoEngineering*. 2024. N3(120). 19-32 (In Russian). DOI: 10.24412/2713-2641-2024-3120-19-32.
5. Slinko O.V., Kondratieva O.V., Voityuk V.A., Polukhin A.A. The role of information support in the development of organic agriculture. *AgroEcoEngineering*. 2025. N2(123). 16-27 (In Russian). DOI: 10.24412/2713-2641-2025-2123-16-27.
6. Zakharov A.M., Zastrav A.A., Murzaev E.A., Komoyedov A.D. Methods for designing technologies of organic crop production. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2025. N19(1). 13-21 (In Russian). DOI: 10.22314/2073-7599-2025-19-1-13-21.
7. Maksimov D.A., Minin V.B., Ustrov A.A. et al. The effect of biologized methods of potato cultivation in organic farming on its yield. *IOP Series*. 2019. 012088. DOI: 10.1088/1755-1315/341/1/012088.
8. Zakharov A.M., Murzaev E.A., Komoyedov A.D. Morphological analysis-based justification of structural elements of a weed control machine. *AgroEcoEngineering*. 2023. N1(114). 42-53 (In Russian). DOI: 10.24412/2713-2641-2023-1114-42-53.
9. Akhalaya B.Kh., Starovoitov S.I., Tsench Yu.S. et al. A combined unit fitted with a versatile working body for surface tillage. *Machinery and Equipment for Rural Area*. 2020. N8(278). 8-11 (In Russian). DOI: 10.33267/2072-9642-2020-8-8-11.
10. Zakharov A.M., Perekopskiy A.N., Komoyedov A.D. Justification of robotic tools for organic potato production. *Machinery and Equipment for Rural Area*. 2025. N9(339). 21-26 (In Russian). DOI: 10.33267/2072-9642-2025-9-21-26.
11. Izmaylov A.Yu., Lobachevsky Ya.P., Tsench Yu.S. et al. About synthesis of robotic agriculture mobile machine. *Vestnik of the Russian Agricultural Science*. 2019. N4. 63-68 (In Russian). DOI: 10.30850/vrsn/2019/4/63-68.
12. Quan L., Jiang W., Li H. et al. Intelligent intra-row robotic weeding system combining deep learning technology with a targeted weeding mode. *Biosystems Engineering*. Vol. 216. 2022. 13-31. DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2022.01.019.
13. Thakur A., Kumar A., Mishra S.K. Control techniques for vision-based autonomous vehicles for agricultural applications: A meta-analytic review. *Artificial Intelligence: Theory and Applications*. 2023. Vol. 843. 1-14. DOI: 10.1007/978-981-99-8476-3\_1.
14. Li Y., Guo Zh., Shuang F. et al. Key technologies of machine vision for weeding robots: A review and benchmark. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2022. Vol. 196. 106880. DOI: 10.1016/j.compag.2022.106880.

15. Uglovskii A.S., Semerenko N.Yu. An automated weed killing system using high voltage discharge and feedback mechanism. *AgroEcoEngineering*. 2025. 1(122). 104-120 (In Russian). DOI: 10.24412/2713-2641-2025-1122-104-119.
16. Zawada M., Legutko S., Gościańska-Łowińska J. et al. Mechanical weed control systems: methods and effectiveness. *Sustainability*. 2023. 15(21). 15206. DOI: 10.3390/su152115206.
17. Puneet Saini, D.S Nagesh. Robotic weed removal using deep learning for precision farming. *Advancements and Key Challenges in Green Energy and Computing*. 2024. DOI: 10.1109/AKGEC62572.2024.10869035.
18. Kazakievich P.P., Komlach D.I., Yuryn A.N., Vorobey A.S. To the development of machines based on artificial intelligence and vision systems. *AgroEcoEngineering*. 2023. N1(114). 14-31 (In Russian). DOI: 10.24412/2713-2641-2023-1114-14-31.
19. Komoyedov A.D. Investigation of an automated working tool for weed control. *AgroEcoEngineering*. 2025. N3(124). 18-33 (In Russian). DOI: 10.24412/2713-2641-2025-3124-18-32.
20. Safonov D.I., Smirnov I.G., Kutyrev A.I., Mirzaev M.A. Analysis of laser radiation application for weed control. *Electrical Technology and Equipment in the Agroindustrial Complex*. 2024. Vol. 71. N2(55). 20-28 (In Russian). DOI: 10.22314/2658-4859-2024-71-2-20-28.
21. Kutyrev A.I., Dyshekov A.I. Developing a motion control system for a robotic platform based on laser ranging methods (LiDAR). *Agricultural Engineering*. 2023. Vol. 25. N2. 19-27 (In Russian). DOI: 10.26897/2687-1149-2023-2-19-27.
22. Mirzaev M.A., Smirnov I.G. Positioning system of working bodies in differential spraying of plants. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2024. Vol. 18. N1. 96-100 (In Russian). DOI: 10.22314/2073-7599-2024-18-1-96-100.

### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Заявленный вклад соавторов:

Захаров А.М. – методическое руководство процессом научных исследований, формирование информационной модели и конструктивно-технологической схемы;  
 Комоедов А.Д. – анализ литературных источников, проведение исследований, разработка алгоритма, подготовка текста.

*Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.*

### Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

### Coauthors' contribution:

Zakharov A.M. — methodological supervision of the research process; development of the information model and the structural and technological diagram;  
 Komoedov A.D. — literature review; experimental research; development of the operating algorithm; preparation of the manuscript.

*The authors read and approved the final manuscript.*

Статья поступила в редакцию  
 Статья принята к публикации

The paper was submitted to the Editorial Office on  
 The paper was accepted for publication on

03.04.2026  
 18.05.2026