



УДК 681.5

DOI 10.22314/2073-7599-2018-11-1-3-10

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО СРЕДСТВА С ОПРЫСКИВАТЕЛЕМ И МОДУЛЕМ МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНОЙ ОБРАБОТКИ РАСТЕНИЙ В САДОВОДСТВЕ

Измайлов А.Ю., докт. техн. наук, академик РАН;
Хорт Д.О., канд. с-х. наук;

Смирнов И.Г., канд. с-х. наук;
Филиппов Р.А., канд. с-х. наук;
Кутырев А.И.*, аспирант

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, 1-й Институтский проезд, 5, Москва, 109428, Российская Федерация, *e-mail: alexeykutyrev@gmail.com

В современных условиях ведения сельского хозяйства использование роботизированных машин позволяет создавать высокоинтеллектуальное автоматизированное производство сельхозпродукции, полностью заменять ручной труд, минимизировать негативное воздействие химикатов на человека и сокращать потери рабочего времени, связанные с человеческим фактором. Проанализированы особенности конструкции и технологического применения разрабатываемого в ВИМ робототехнического средства с опрыскивателем для низкорастущих культур и модулем магнитно-импульсной обработки растений в садоводстве. Обоснованы параметры робототехнического средства: мощность двигателя 36 л.с., ширина колеи передних колес 1260 мм, задних – 1410 мм, дорожный просвет 350 мм, общая длина агрегата 4900 мм, наименьший радиус поворота 5,6 м. Выявлена целесообразность и эффективность внедрения совмещенного технологического приема обработки садовых растений (опрыскивание и магнитно-импульсная обработка) с помощью робототехнического средства. Такая обработка позволит повысить урожайность на 25-30 процентов вследствие стимуляции обменных процессов на определенных фазах развития растений слабыми низкочастотными импульсными магнитными полями в сочетании с дополнительным синхронным облучением импульсами света 445 нм и 660 нм и адресного внесения средств химической защиты растений. Проведено имитационное математическое моделирование подвижности 3D-модели робота в виде совокупности тел с различными упругодемпфирующими характеристиками в машинных технологиях возделывания низкорастущих культур в садоводстве. Для проверки модели проведены расчеты динамического поведения корпуса робота на различных режимах движения. Представлены графики параметров движения робота, полученных по результатам моделирования динамики разгона. Предложена методика и проведен расчет показателя локальной автономности выполнения задания беспилотным робототехническим средством на опрыскивании с одновременной магнитно-импульсной обработкой растений на основе анализа совокупности единичных показателей автономности. Определены преимущества технологического применения робота в машинных технологиях в садоводстве.

Ключевые слова: робототехническое средство, садоводство, модуль магнитно-импульсной обработки, технологический адаптер, автоматизированное производство.

■ **Для цитирования:** Измайлов А.Ю., Хорт Д.О., Смирнов И.Г., Филиппов Р.А., Кутырев А.И. Обоснование параметров робототехнического средства с опрыскивателем и модулем магнитно-импульсной обработки растений в садоводстве // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2017. №1. С. 3-10.

JUSTIFICATION OF PARAMETERS OF ROBOTIC MEANS WITH SPRAYER AND MODULE MAGNETIC-PULSE PROCESSING OF PLANTS IN HORTICULTURE

A.Yu. Izmaylov, Dr. Sci. (Eng.), member of RAS;
D.O. Khort, Cand. Sci. (Agri.);

I.G. Smirnov, Cand. Sci. (Agri.);
R.A. Filippov, Cand. Sci. (Agri.);
A.I. Kutyrev*

Federal Research Agro-engineering Center VIM, 1st Institutskiy proezd, 5, Moscow, 109428, Russian Federation, *e-mail: alexeykutyrev@gmail.com

Robotic machines use in farming allows to create highly intellectual automated agricultural production, to replace completely a manual work, minimize the negative effects of chemicals on human and to reduce the losses of working hours connected with a human factor. The authors analyzed features of a design and technological using of the worked out in VIM robotic mean with a sprayer for low-growing cultures and the module of magnetic-pulse processing of plants in horticulture. Parameters of robotic mean are proved: engine capacity is 36 h.p., track width of forward wheels of 1260 mm,

back ones – 1410 mm, a ground clearance height – 350 mm, the total length of the unit is 4900 mm, the smallest turning radius is 5.6 m. Feasibility and efficiency of implementation combined method of plants processing (spraying and magnetic-pulse processing) by robotic means. This processing will make it possible to increase productivity by 25-30 percent due to stimulation of exchange processes in certain phases development of plants by weak low-frequency pulse magnetic fields in combination with additional synchronous radiation by light impulses 445 and 660 nanometers and targeted introduction of chemical crop-protection agents. Imitating mathematical modeling of mobility of a 3D robot model in the form set of bodies with various elastic characteristics in machine technologies of low-growing cultures cultivation in horticulture is carried out. Calculations dynamic behavior of robot body at various movement modes are made for model check. The schedules of robot movement parameters received subsequent to results of acceleration dynamics modeling are presented. The technique is offered and calculation of an indicator of local autonomy of task performance by unmanned robotic means for spraying with simultaneous magnetic-pulse processing of plants on the basis of the analysis of set of single indicators is made. Benefits of technological use robot in machine technologies in horticulture are determined.

Keywords: Robotic means; Horticulture; Module of magnetic-pulse processing; Technology adapter; Automated production.

■ **For citation:** Izmaylov A.Yu., Khort D.O., Smirnov I.G., Filippov R.A., Kuttyrev A.I. Justification of parameters of robotic means with sprayer and module magnetic-pulse processing of plants in horticulture. Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii. 2017; 1: 3-10. DOI 10.22314/2073-7599-2018-11-1-3-10. (In Russian)

Уровень производства продукции садоводства определяется степенью развития и внедрения инновационных машинных технологий и технических средств нового поколения с современным информационным и приборным обеспечением. Низкий уровень механизации негативно сказывается на агротехнических сроках выполнения технологических операций, качестве продукции и себестоимости производства. Очевидно, что без повышения уровня механизации производства плодов и ягод на всех технологических стадиях (подготовка почвы, посадка сада, уход за насаждениями, уборка урожая, послеуборочная обработка и хранение) невозможно получение высококачественной продукции в объемах, соответствующих требованиям продовольственной безопасности России.

Цель исследований – обосновать параметры конструкции, проанализировать подвижность и технологическое применение робототехнического средства с модулем магнитно-импульсной обработки растений и системой автоматического движения на опрыскивании низкорастущих культур; выявить целесообразность и эффективность внедрения комбинированного агротехнологического приема обработки растений – опрыскивания с магнитно-импульсным облучением растений, которое позволяет стимулировать процессы жизнедеятельности растений, экономить средства химической защиты и повышать эффективность производственного процесса.

Материалы и методы. При разработке робототехнического средства использовали серийные узлы и агрегаты трактора ВИМ-320.4. Робототехническое энергосредство оснащено дизельным двигателем мощностью 36 л.с., передним и задним навесным устройством и комплексной системой ав-

топилотирования. В исследовании использован анализ технико-эксплуатационных параметров современных отечественных и зарубежных робототехнических средств сельскохозяйственного назначения с комплектами навесного оборудования. Основным методом обоснования конструктивных параметров машины стало компьютерное проектирование конструктивно-технологических схем работы робототехнического средства с набором технологических адаптеров. При разработке технологических и конструктивных схем работы машины использованы современные ГОСТы и исходные требования на базовые процессы: фрезерную и пропашную междурядную обработку почвы в садах, опрыскивание насаждений, борьбу с сорняками в между рядах. Исследования и обработка данных проведены по следующим методикам: «Детерминационный анализ (*Determinacy Analysis, DA*) – метод вычисления правил для диагностики, объяснения, принятия решений»; «Методика оценки новой сельскохозяйственной техники в составе зональных агротехнологий» (РосНИИТиМ); «Методика проектирования технологических процессов в растениеводстве» (МГАУ им. В.П. Горячкина).

Результаты и обсуждение. Многофункциональное робототехническое средство, разработанное в Федеральном научном агроинженерном центре ВИМ, было представлено на центральном стенде ФАНО России в рамках выставки «Золотая осень 2016» (рис. 1).

Конструкция машины позволяет изменять агротехнический просвет и ширину колеи, устанавливать различные ходовые системы. Корпус разработан по современным дизайнерским и технологическим критериям, имеет технологические люки для обслуживания всех узлов. Система управления робототехническим средством содержит централь-

ный компьютер, который собирает информацию с датчиков и сенсоров, обрабатывает ее и передает управляющие сигналы на приводы движения машины. Движение робота осуществляется как по радиосигналу с пульта дистанционного управления, так и в автономном режиме по заранее заданной карте местности по данным от ГЛОНАСС/GPS дифференциального приемника спутниковой навигационной системы. Для обеспечения надежного спутникового сигнала используют базовую корректирующую станцию. Для автоматического контроля и текущего местоположения робота задействована инерциальная система. Передача сигналов от робота на планшет управления осуществляется посредством канала *Wi-Fi* на расстояние до 200 м.



Рис. 1. Робототехническое средство на выставке «Золотая осень – 2016»

Fig. 1. Robotic means at the exhibition «Golden Autumn – 2016»

Режим ручного управления позволяет управлять движением робота в аварийных ситуациях, при проведении сервисных операций, погрузки или выгрузки его для транспортировки. В случае непреодолимого препятствия или неисправности системы автоматического управления ручное дистанционное управление позволяет корректировать маршрут или безопасно доводить робот до зоны технического обслуживания.

Машина создана с использованием новейших разработок в области механизации и автоматизации сельхозтехники, с соблюдением мировых стандартов качества машиностроительной продукции и имеет высокие технико-экономические показатели. Робототехническое средство предназначено для выполнения различных технологических операций: обработки почвы, ухода за насаждениями, в том числе обработки растений импульсами магнитной индукции и средствами химической защиты (рис. 2) и транспортных работ в автономном режиме без непосредственного участия оператора-водителя в технологическом процессе [1-4].

Электронный прибор магнитно-импульсной обработки (МИО) растений состоит из блока управления, световых излучателей и трех магнитных индукторов на основе плоской спиральной катушки двойной намотки. Предназначен для стимуляции жизненных и ростовых процессов посадочного материала, овощных культур, садовых растений, в



Рис. 2. Универсальный технологический адаптер для МИО растений, представленный на выставке «Золотая осень – 2016»

Fig. 2. Universal technological adapter for magnetic-pulse processing of plants at the exhibition «Golden Autumn – 2016»

том числе в закрытом грунте. С периодической последовательностью он излучает одно- или разнополярные импульсы магнитной индукции в сверхнизкочастотном диапазоне в двух режимах интенсивности облучения – с возможностью частотного сканирования, одновременного дополнительного синхронного облучения импульсами света определенных длин волн оптического диапазона (рис. 3) [5, 6].

Технические характеристики блока управления магнитно-импульсной обработки растений представлены в таблице.

Table		Таблица
ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ SPECIFICATIONS		
Показатели Parameters	Значение Value	
Частотный диапазон, Гц Frequency range, Hz	0,1-100	
Вид регулировки частоты импульсов Type of pulses frequency control	плавный smooth	
Регулируемая длительность импульса, с Variable pulse duration, s	от 1 до 999 from 1 to 999	
Количество световых излучателей, шт. Number of light emitters, pcs	2	
Рабочая площадь индуктора, см ² Working area of the inductor, cm ²	2140	
Питание от сети Mains supply	50 Гц, 220 В 50 Hertz, 220 V	

На основе современных ГОСТов (ГОСТ 53053-2008, ОСТ 70.4.4.-90), исходных агротехнических требований к базовым технологическим процессам в садоводстве и компьютерного моделирования проведен анализ применения и разработаны

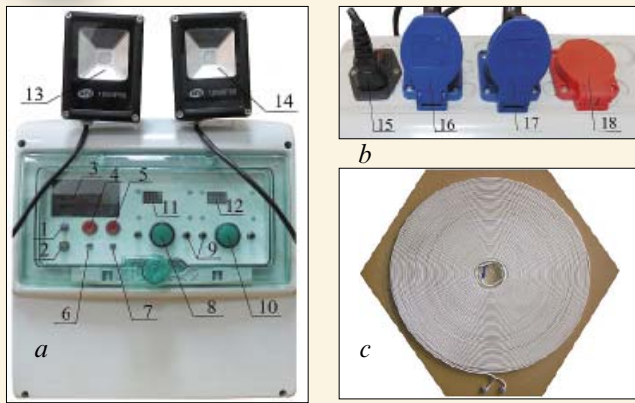


Рис. 3. Электронный прибор магнитно-импульсной обработки растений:

a – блок управления; *b* – контакты блока управления (вид сверху); *c* – магнитный индуктор;

1 – переключатель частоты магнитно-импульсного излучения; 2 – переключатель частоты светового излучения; 3 – дисплей отображения частоты излучений; 4 – кнопка запуска таймера магнитно-импульсного излучения; 5 – кнопка запуска таймера светового излучения; 6 – переключатель режима работы магнитно-импульсного излучения (3 режима: выкл.; таймер; постоянная работа); 7 – переключатель режима работы светового излучения (3 режима: выкл.; таймер; постоянная работа); 8 – световой индикатор режима работы; 9 – кнопки управления таймером; 10 – индикатор режима работы светового излучения; 11 – дисплей таймера работы индукторов; 12 – дисплей таймера светового излучения; 13 – световой излучатель, 445 нм; 14 – световой излучатель, 650 нм; 15 – питание блока управления; 16, 17 – разъемы подключения световых излучателей; 18 – разъемы подключения индукторов

Fig. 3. The electronic device of magnetic-pulse processing of plants:

a – control block; *b* – contacts of control unit (top view); *c* – magnetic inductor;

1 – switch of frequency of magnetic pulse radiation; 2 – light emission frequency switch; 3 – frequency radiation display; 4 – button for start of magnetic pulse radiation timer; 5 – button for start of light emission timer; 6 – switch of running regime of magnetic pulse radiation (3 modes: off; timer; full-time); 7 – light emission mode switch (3 modes: off; timer; full-time); 8 – light mode indicator; 9 – timer controls; 10 – light indicator off running regime; 11 – display of timer of inductors operation; 12 – display of light emission timer; 13 – light emitter 445 nm; 14 – light emitter 650 nm; 15 – control unit power; 16, 17 – connectors for light emitters; 18 – connectors for inductors

конструктивно-технологические схемы работы беспилотного робота с технологическим адаптером на операции магнитно-импульсной обработки растений [7, 8]. При проектировании учитывали возможность применения технологического адаптера МИО в промышленных садовых насаждениях интенсивного типа и низкорастущих ягодниках – на примере земляники садовой (рис. 4).

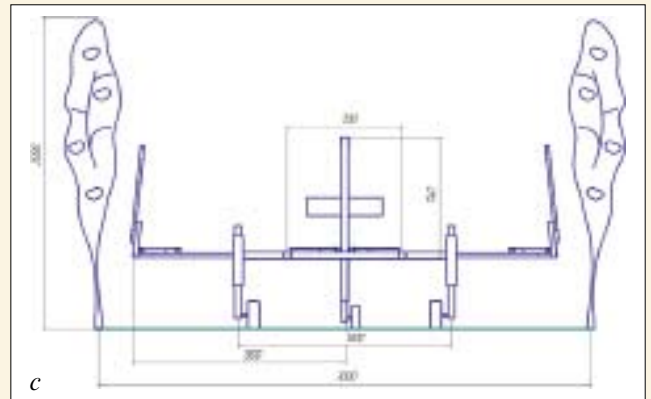
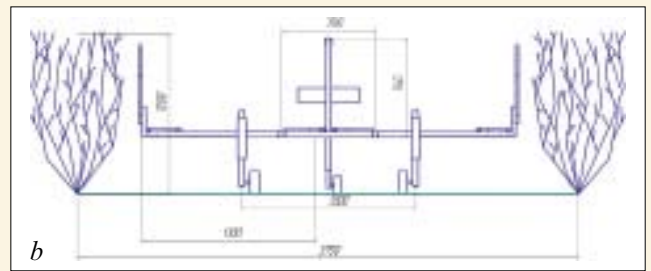
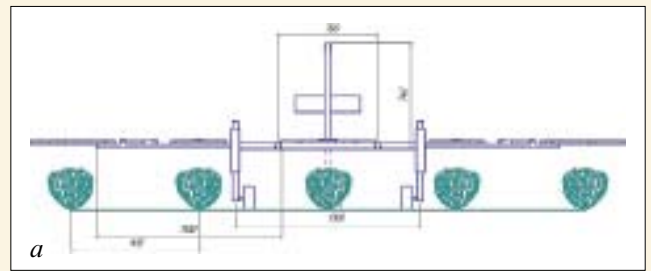


Рис. 4. Конструктивно-технологические схемы применения технологического адаптера с модулем магнитно-импульсной обработки растений на робототехническом средстве:

a – промышленные плантации земляники; *b* – плантации ягодных кустарников; *c* – плантации плодовых насаждений интенсивного типа

Fig. 4. Constructional and technological schemes of use of technology adapter with module for magnetic-pulse processing of plants integrated on the robot:

a – industrial plantation of strawberries; *b* – plantations of berry shrubs; *c* – plantations of intensive orchards

Анализ схем технологического применения на различных культурах показал, что робот с адаптером МИО должен иметь регулируемую колею 140-180 см. Тогда его можно применять на посадках низкорастущих ягодников с междурядьем 75-100 см, в садах интенсивного типа с междурядьями 3,5 м и кустарниковых ягодниках с междурядьями 2,5-3,5 м [9-11].

На основе имитационного математического моделирования в различных условиях эксплуатации проведен анализ подвижности робототехнического средства. Для проверки модели проведены расчеты динамического поведения корпуса робота при различных режимах движения (рис. 5).

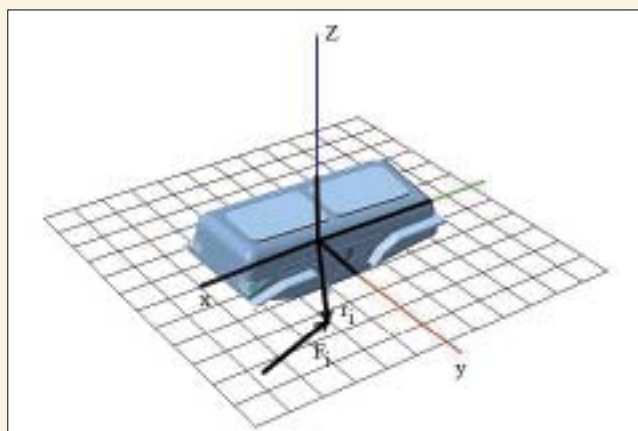


Рис. 5. Динамическая модель корпуса
Fig. 5. Dynamic model of body

В программном комплексе многотельного проектирования математическая модель робота представлена в виде совокупности тел с различными упругодемпфирующими характеристиками. Данный метод позволил на этапе проектирования провести оптимизацию конструктивных параметров.

Уравнение динамики корпуса:

$$\begin{cases} m\ddot{S}_c = \sum_1^{K_f} F_i \\ J\ddot{\omega}_c = \sum_1^{K_f} (A^T F_i) r_i + \sum_1^{K_m} M_{ei} + I \cdot \omega_c \end{cases} \quad (1)$$

где S_c – вектор координат центра масс корпуса в неподвижной системе координат; $\omega_c = (\omega_x, \omega_y, \omega_z)^T$ – вектор проекции угловой скорости корпуса на подвижную, связанную с корпусом, систему координат; $J = \text{diag}(J_x, J_y, J_z)$ – диагональная матрица масс тела; K_f – количество внешних сил, действующих на корпус;

F_i – трехмерный вектор внешних сил, действующих на точку, заданный в неподвижной системе координат;

A_T – ортогональная матрица поворота (ориентации), которая переводит вектор, заданный в подвижной системе координат, в неподвижную систему;

r_i – радиус-вектор точки приложения силы в подвижной системе координат;

K_m – количество внешних моментов;

M_{ei} – трехмерный вектор внешних моментов, действующих на точку, заданный в подвижной системе координат;

I – вектор кинетического момента тела;

$I \omega_c$ – вектор моментов гироскопических сил.

В описании модели используются кинематические уравнения Эйлера:

$$\begin{cases} \dot{\phi} = (\omega_x \cos \psi - \omega_y \cos \psi) / \cos \theta \\ \dot{\theta} = \omega_x \sin \psi - \omega_y \cos \psi \\ \dot{\psi} = (\omega_x \sin \psi - \omega_y \cos \psi) \tan \theta + \omega_z \end{cases} \quad (2)$$

где ϕ, θ, ψ – корабельные углы Эйлера, то есть углы последовательных поворотов вокруг осей x, y, z , связанных с корпусом системой координат [12]. Матрицу поворота определяют через углы:

$$A = | a \ b \ c |, \quad (3)$$

где a, b, c – столбцы матрицы:

$$a = \begin{pmatrix} \cos \theta \\ \sin \phi \sin \theta \cos \psi + \cos \phi \sin \psi \\ -\cos \phi \sin \theta \cos \psi + \cos \phi \sin \psi \end{pmatrix}$$

$$b = \begin{pmatrix} -\cos \theta \sin \psi \\ -\sin \phi \sin \theta \cos \psi + \cos \phi \cos \psi \\ \cos \phi \sin \theta \sin \psi + \sin \phi \cos \psi \end{pmatrix}$$

$$c = \begin{pmatrix} \sin \theta \\ \sin \phi \cos \theta \\ \cos \phi \cos \theta \end{pmatrix}.$$

Исходными данными для расчета выступают: масса $m = 1980$ кг номинальная мощность тягового двигателя $N_e = 26478$ Вт, моменты инерции относительно осей $x, y, z - J_x = 440,9; J_y = 1344,7; J_z = 1614,2$ кг·м², радиус колеса $r = 0,52$ м.

По результатам моделирования динамики разгона получены графики параметров движения робота (рис. 6).

Для определения автономности проведения роботом технологической операции опрыскивания низкорастущих культур с магнитно-импульсной обработкой растений проведен расчет на основе анализа совокупности следующей информации:

- о состоянии участка окружающей среды, в котором роботу предстоит функционировать;
- о работе, используемом для выполнения задания;
- о задании, которое должно быть выполнено;
- о планировании выполняемого задания.

Обобщенный показатель локальной автономности выполнения задания рассчитан по совокупности единичных показателей (рис. 7):

- показатель уровня выполнимости задания в автономном режиме в соответствии с приоритетами их выполнения (F^*);
- временные затраты на выполнение задания (F_1);
- энергетические затраты на выполнение задания (F_{en}).

Расчет обобщенного показателя локальной автономности F_a проведен в соответствии с функциональной зависимостью:

$$F_a = f(F^*, F_1, F_{en}) . \quad (4)$$

Для решения использовали метод расчета функциональной зависимости F^*, F_1 и F_{en} – со взвешенной зависимостью коэффициентов:

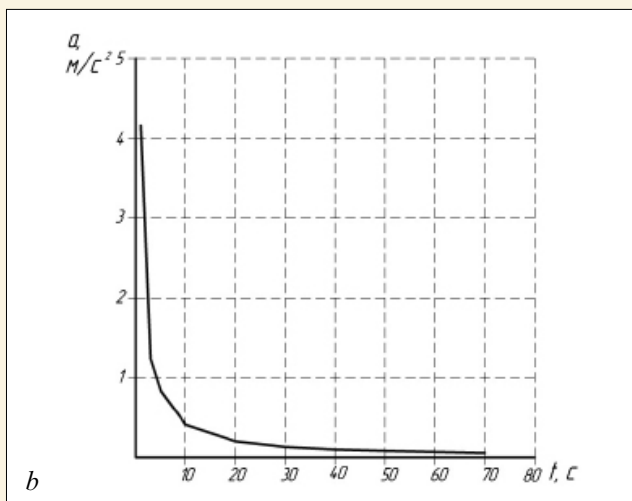
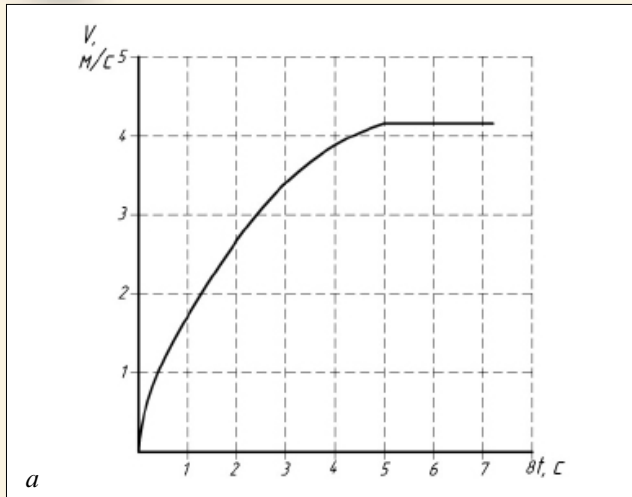


Рис. 6. Графики параметров движения:
 а – скорости; б – ускорения
 Fig. 6. Graphs of motion parameters:
 a – speed; b – acceleration

$$F_1 = k^* \cdot F^* + k_1 \cdot F_i + k_{en} \cdot F_{en}, \quad (5)$$

где k^* , k_1 и k_{en} – весовые коэффициенты, определяющие влияние различных проявлений автономности на обобщенный показатель локальной автономности.

Расчет уровня выполнимости задания в автономном режиме F^* выполнен по формуле:

$$F^* = \frac{\sum_{i=1}^n N_i^a \cdot F_i^m}{\sum_{i=1}^n F_i^m}, \quad (6)$$

где N_i^a – оценка возможности выполнения данного компонента задания в автономном режиме;

F_i^m – функциональная значимость данного компонента задания;

n – число компонентов задания.

Таким образом, F^* достигает максимального значения 1, если все задание может быть выполне-

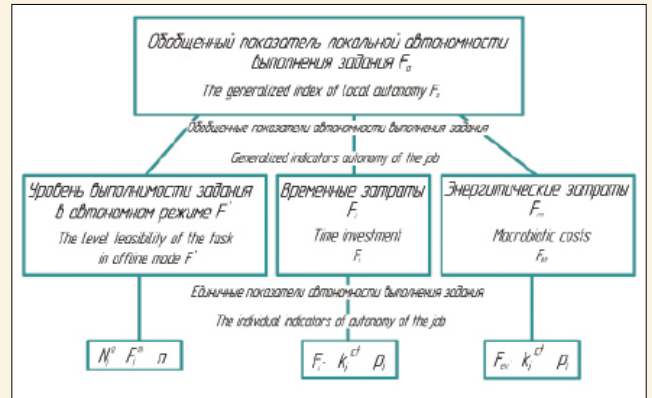


Рис. 7. Схема показателей автономности робототехнического средства
 Fig. 7. Scheme of indicators of robotic autonomy

но роботом автономно; равняется 0, если робот может выполнять задание только в режиме дистанционного управления; принимает промежуточные значения, если часть задания выполняется автономно, а для реализации другой части требуется вмешательство оператора.

Временные затраты на выполнение задания F_i рассчитали по формуле:

$$F_i = F_i^* \cdot \prod_{i=1}^m k_i^{ct} \cdot p_i, \quad (7)$$

где F_i^* – оценочное время выполнения задания без учета вероятностных факторов;

p_i – вероятность свершения события, ведущего к проявлению поправочного коэффициента;

k_i^{ct} – поправочные коэффициенты, учитывающие влияние события на время выполнения задания.

Значения поправочных коэффициентов определяют эмпирическим путем. Затем проводят сравнение со временем, допустимым для выполнения задания.

Энергетические затраты на выполнение задания F_{en} определили по формуле:

$$F_{en} = F_{en}^* \cdot \prod_{i=1}^m k_i^{ct} \cdot p_i, \quad (8)$$

где F_{en}^* – оценочная величина затрат энергии роботом для выполнения задания без учета вероятностных факторов.

Затем сравнивают F_{en} с доступными для робота энергозапасами при выполнении задания.

По результатам расчета, обобщенный показатель локальной автономности выполнения задания робототехническим средством на опрыскивании низкорастущих культур с магнитно-импульсной обработкой растений составляет:

$$F_a = (k^* \cdot F^* + k_1 \cdot F_i + k_{en} \cdot F_{en}) \cdot 100\% = (0,8 \cdot 0,43 + 0,9 \cdot 0,129 + 0,9 \cdot 0,125) \cdot 100\% = 57,2\%.$$

Предложенная методика расчета автономности



не накладывает ограничений на номенклатуру и количество единичных и обобщенных показателей, принимаемых во внимание [13].

Выводы. Полученное значение обобщенного показателя локальной автономности показывает, что для робототехнического средства сельскохозяйственного назначения его значение достаточно высокое в сравнении с другими аналогичными разработками. Однако для эффективного применения в промышленном сельхозпроизводстве робототехнические средства должны иметь уровень автономности не ниже 80%, что позволит более качественно и оперативно выполнять функциональные технологические операции и расширять их в соответствии с требованиями новых интеллектуальных агротехнологий. Для достижения уровня автономности 80% в разработанном робототехническом средстве необходимо усовершенствовать систему позиционирования и автопилотирования в сложных условиях (туман, ночь, дождь и т.д.).

Выявлена целесообразность и эффективность внедрения нового агротехнологического приема обработки садовых растений на базе робототехнического средства – дифференцированного опрыскивания с магнитно-импульсной обработкой растений. Слабые низкочастотные импульсные магнитные поля в сочетании с дополнительным синхронным облучением импульсами света положительно воздействуют на рост и развитие растений, что позволит сократить количество химических обработок, обеспечить рост урожайности на 20% и снизить трудовые затраты на 25-35%.

Выявлена целесообразность и эффективность внедрения нового агротехнологического приема обработки садовых растений на базе робототехнического средства – дифференцированного опрыскивания с магнитно-импульсной обработкой растений. Слабые низкочастотные импульсные магнитные поля в сочетании с дополнительным синхронным облучением импульсами света положительно воздействуют на рост и развитие растений, что позволит сократить количество химических обработок, обеспечить рост урожайности на 20% и снизить трудовые затраты на 25-35%.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Slaughter D.C., Giles D.K., Downey D. Autonomous robotic weed control systems: A review. Computers and electronics in agriculture. University of California, Biological and Agricultural Engineering, United States, 2008: 63-78.
2. Blasco J., Aleixos N., Roger J.M., Rabatel G., Molto E. Robotic Weed Control using Machine Vision. Biosystems Engineering. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias, Spain. 2002: 149-157.
3. Siemens M.C., Herbon R., Gayler R.R., Nolte K.D. and Brooks D. Automated machine for thinning lettuce – Evaluation and development. Dallas: ASABE, 2012; 4; 3221-3234.
4. Хорт Д.О., Филиппов Р.А., Кутырев А.И. Многофункциональное робототехническое средство с системой технического зрения // Инновации в сельском хозяйстве. 2015. N4(14). С. 115-121.
5. Смирнов И.Г., Артюшин А.А., Хорт Д.О., Филиппов Р.А., Кутырев А.И., Цымбал А.А. Робототехнические средства в растениеводстве // Научный журнал КубГАУ. 2016;118(04): 1651-1660. URL: <http://ej.kubagro.ru/2016/04/pdf/109.pdf> (Дата обращения 13.02.2017).
6. Кутырева А.И. Технологический адаптер для робототехнического средства в садоводстве // Плодоводство и ягодоводство России. 2016. Т. XXXXVI. С. 180-185.
7. Кутырев А.И. Особенности разработки робототехнического средства для садоводства // Плодоводство и ягодоводство России. 2016. Т. XXXXVI. С. 175-179.
8. Лобачевский Я.П., Смирнов И.Г., Хорт Д.О., Филиппов Р.А., Кутырев А.И. Инновационная техника для машинных технологий в садоводстве // Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК: Материалы VIII Международной научно-практической

- конференции «ИнформАгро-2016», Москва, 25-27 мая 2016 г., РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, М., 2016. С. 199-203.
9. Измайлов А.Ю., Смирнов И.Г., Хорт Д.О., Филиппов Р.А. Анализ технологического применения многофункционального беспилотного робота // Интеллектуальные машинные технологии и техника для реализации государственной программы развития сельского хозяйства: Сборник докладов научно-технической конференции. Ч. 2. М.: ВИМ, 2015. С. 207-209.
10. Ермолов И. Л. Расширение функциональных возможностей мобильных технологических роботов путем повышения уровня их автономности с использованием иерархической комплексной обработки бортовых данных: дис... д-ра техн. наук. М., 2012. С. 350.
11. Хорт Д.О., Филиппов Р.А. Применение автоматизированной системы управления производственными процессами в садоводстве // Сборник научных трудов Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства. 2013. Т. 3. №6. С. 356-360.
12. Ермолов И. Л. Расширение функциональных возможностей мобильных технологических роботов путем повышения уровня их автономности с использованием иерархической комплексной обработки бортовых данных: дис... д-ра техн. наук: 05.20.05 Москва, 2012 С. 350.
13. Измайлов А.Ю., Смирнов И.Г., Лобачевский Я.П., Хорт Д.О., Филиппов Р.А. Роботы для современных машинных технологий в растениеводстве // Интеллектуальные машинные технологии и техника для реализации Государственной программы развития сельского хозяйства: Сборник научных докладов Международной научно-технической конференции. М.: ВИМ, 2015. С. 128-132.

REFERENCES

1. Slaughter D.C., Giles D.K., Downey D. Autonomous robotic weed control systems: A review. Computers and electronics in agriculture. University of California, Biological and Agricultural Engineering, United States, 2008: 63-78. (In English)
2. Blasco J., Aleixos N., Roger J.M., Rabatel G., Molto E.

Robotic Weed Control using Machine Vision. Biosystems Engineering, Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias, Spain. 2002: 149-157. (In English)

3. Siemens M.C., Herbon R., Gayler R.R., Nolte K.D. and Brooks D. Automated machine for thinning lettuce – Evaluation and development. Dallas: ASABE, 2012; 4; 3221-3234. (In English)

4. Khort D.O., Filippov R.A., Kutuyev A.I. Multipurpose robotic means with technical vision systema. *Innovatsii v sel'skom khozyaystve*. 2015; 4(14): 115-121. (In Russian)

5. Smirnov I.G., Artyushin A.A., Khort D.O., Filippov R.A., Kutuyev A.I., Tsybmal A.A. Robotic means in crop production. *Nauchnyy zhurnal KubGAU*. 2016; 118(04): 1651-1660. URL: <http://ej.kubagro.ru/2016/04/pdf/109.pdf> (Accessed 13.02.2017). (In Russian)

6. Kutuyev A.I. Technological adapter for robotic means in horticulture. *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii*. 2016; XXXXVI: 180-185. (In Russian)

7. Kutuyev A.I. Features of design of robotic means for horticulture. *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii*. 2016; XXXXVI: 175-179. (In Russian)

8. Lobachevskiy Ya.P., Smirnov I.G., Khort D.O., Filippov R.A., Kutuyev A.I. Innovative machinery for machine technologies in horticulture. *Nauchno-informatsionnoe obespechenie innovatsionnogo razvitiya APK: Materialy VIII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «InformAgro-2016»*, Moscow, 25-27 May 2016, RGAU – MSKha imeni K.A. Timiryazeva, Moscow, 2016: 199-203. (In Russian)

9. Izmaylov A.Yu., Smirnov I.G., Khort D.O., Filippov R.A. Analysis of technological use of multipurpose

unmanned robot. *Intellektual'nye mashinnye tekhnologii i tekhnika dlya realizatsii gosudarstvennoy programmy razvitiya sel'skogo khozyaystva: Sbornik dokladov nauchno-tekhnicheskoy konferentsii*. Vol. 2. Moscow: VIM, 2015: 207-209. (In Russian)

10. Ermolov I. L. Rasshirenie funktsional'nykh vozmozhnostey mobil'nykh tekhnologicheskikh robotov putem povysheniya urovnya ikh avtonomnosti s ispol'zovaniem ierarkhicheskoy kompleksnoy obrabotki bortovykh dannykh: dis... d-ra tekhn. nauk. Moscow, 2012: 350. (In Russian)

11. Khort D.O., Filippov R.A. Primenenie avtomatizirovannoy sistemy upravleniya produktsionnymi protsessami v sadovodstve // *Sbornik nauchnykh trudov Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta ovtsevodstva i kozovodstva*. 2013; V. 3; 6: 356-360. (In Russian)

12. Ermolov I. L. Rasshirenie funktsional'nykh vozmozhnostey mobil'nykh tekhnologicheskikh robotov putem povysheniya urovnya ikh avtonomnosti s ispol'zovaniem ierarkhicheskoy kompleksnoy obrabotki bortovykh dannykh [Expansion of functionality of mobile technological robots by increase in level of their autonomy with use of hierarchical complex processing of onboard data]: dis... d-ra tekhn. nauk: 05.20.05 Moscow, 2012: 350. (In Russian)

13. Izmaylov A.Yu., Smirnov I.G., Lobachevskiy Ya.P., Khort D.O., Filippov R.A. Robots for modern machine technologies in crop production. *Intellektual'nye mashinnye tekhnologii i tekhnika dlya realizatsii Gosudarstvennoy programmy razvitiya sel'skogo khozyaystva: Sbornik nauchnykh dokladov Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii*. Moscow: VIM, 2015: 128-132. (In Russian)

Критерии авторства. Все авторы несут ответственность за представленные в статье сведения и плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution. The authors are responsible for information and plagiarism avoiding.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

