



УДК 681.5

DOI 10.22314/2073-7599-2018-11-3-29-34

**МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО АДАПТЕРА
ДЛЯ МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНОЙ ОБРАБОТКИ РАСТЕНИЙ В САДОВОДСТВЕ****Хорт Д.О.,**
канд. с.-х. наук;**Филиппов Р.А.,**
канд. с.-х. наук;**Кутырёв А.И.*,**
аспирант

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

В статье проанализированы особенности конструкции технологического адаптера с электронным прибором магнитно-импульсной обработки (МИО) растений. Он необходим для облучения растений низкочастотным магнитным полем в диапазоне от 0 до 100 Гц с одновременным дополнительным синхронным облучением импульсами света с длинами волн оптического диапазона 445 и 650 нм. Представлена классификация существующих сельскохозяйственных технологических адаптеров. Ее анализ показал, что для конструкции технологического адаптера МИО растений лучше подходят электроцилиндры с электронными элементами управления, закрепленные на раме технологического адаптера. В программной среде *Solid Works/Simulation* с помощью модуля физического моделирования визуализирована кинематическая 3D-модель технологического адаптера и создана сетка конечных элементов (*Finite Element Analysis, FEA*). Исследуемая модель расположена в местах крепления трехточечной навесной системы. К направляющей в месте крепления рабочих органов МИО приложена нагрузка по всей поверхности 50 Н. Проведены оценка динамических качеств технологического адаптера МИО, частотный анализ, а также анализ напряженно-деформированного состояния конструкции и узлов. Получены значения резонансных частот. Установлены зоны концентрации напряжений в 50 мм от верхней точки крепления актуатора к направляющей. Их максимальные значения достигают 40 МПа. Выявлены особенности распределения дисперсии напряжений в этих зонах, получены спектры эквивалентных напряжений модели. В результате частотного анализа найдены значения резонансных частот в диапазоне 0,2-9,2 рад/с на различных режимах вибрации технологического адаптера. Выявлена стойкость к воздействию синусоидальной вибрации. Найденные резонансные частоты лежат за пределами диапазона частот, воздействующих на технологический адаптер при его эксплуатации и транспортировании. Погрешность моделирования не превышает 5 процентов. Анализ напряженно-деформированного состояния конструкции технологического адаптера и его узлов показал, что при нагрузке технологического адаптера рабочими органами МИО (магнитными индукторами) 50 Н вертикальное смещение направляющей составляет 1,16 мм. Разрабатываемый технологический адаптер манипуляторного типа, с упрощенной конструкцией и сниженной металлоемкостью, позволяет полностью автоматизировать процесс магнитно-импульсной обработки растений с возможностью автоматической настройки к различным агротехнологическим параметрам насаждений. Частота импульсно-светового излучения и время экспозиции выставляется на блоке управления электронного прибора. Применение специальных технических средств импульсной магнитной обработки садовых культур улучшает укореняемость черенков вишни в 1,8 раза, аронии черноплодной – в 1,4, ежевики и малины – в 1,5-2 раза, жимолости – в 1,4 раза по сравнению с необработанными черенками. Количество корней при этом увеличивается на 21-48 процентов, длина – на 25-61 процент. Применение МИО при доращивании укорененных черенков в теплице повышает приживаемость ежевики на 10 процентов, жимолости – на 18, рябины – на 30 процентов. Прирост побегов увеличивается на 14-46 процентов.

Ключевые слова: технологический адаптер, автоматизированный агрегат, магнитно-импульсная обработка растений, низкочастотное облучение.

■ **Для цитирования:** Хорт Д.О., Филиппов Р.А., Кутырёв А.И. Моделирование и анализ конструкции технологического адаптера для магнитно-импульсной обработки растений в садоводстве // *Сельскохозяйственные машины и технологии* 2017. №3. С. 29-34.

**MODEL-BASED ANALYSIS OF CONSTRUCTION DESIGN OF TECHNOLOGICAL
ADAPTER FOR MAGNETIC-PULSE PROCESSING OF PLANTS IN HORTICULTURE****Khort D.O.,**
Ph.D.(Agr.);**Filippov P.A.,**
Ph.D.(Agr.);**Kutyrev A.I.***

Federal Scientific Agricultural Engineering Center VIM, 1st Institutskiy proezd, 5, Moscow, 109428, Russian Federation, e-mail: alexeykutyrev@gmail.com

The article analyzes the features of design of an adapter unit for magnetic-pulse processing (MPP) of plants. It is necessary for radiation of plants by a low frequency 0-100 Hz magnetic field with simultaneous additional synchronous exposure to light with 445-650 nm waves. Classification of the agricultural technological adapters is presented. Analysis of it showed that the electrocylinders with electronic control elements placed on a frame are suitable for construction of a technological adapter of MPP of plants better. In a software environment of Solid Works/Simulation by means of the module of physical simulation the authors visualized the kinematic 3D model of the technological adapter and create a mesh Finite Element Analysis. The studied model placed at fixing three-point hinged system. Load of 50 N was applied to the guideway in the place of fastening of the working elements MPP over the entire surface. The dynamic characteristics of technological adapter MPP, frequency analysis, analysis of stress-strain state of the structure and its components were estimated. The resonance frequencies values were obtained. Zones of concentration of tension 50 mm apart the upper point of fixing of the actuator to a guideway were determined. Their maximum values reach 40 MPa. Features of distribution of tension dispersion of in these zones are revealed, spectrum of the equivalent tension of model are received. The resonance frequencies equal 0.2-9.2 I rad/s at different modes of vibration of the technological adapter. Resistance to impact of sinusoidal vibration is revealed. The found resonance frequencies are outside the range of the frequencies influencing the technological adapter in case of its operation and transportation. The modelling uncertainty is not more than 5 percent. In case of loading of the technological adapter with MPP working elements (magnetic inductors) of 50 N vertical offset of a guideway makes 1.16 mm. The developed technological adapter of manipulatory type, with the simplified construction and the reduced metal consumption, allows to automate completely magnetic-pulse processing of plants with a possibility of automatic adjustment to different agrotechnological parameters of plantings. Frequency of impulse and luminous radiation and time of exposure is showed on control box of the electronic device. Use of special technical means for impulse magnetic processing of garden cultures improves a rooting ability of cherry cuttings by 1.8 times, black chokeberry – by 1.4, blackberry and raspberry – by 1.5-2.0, honeysuckles – by 1.4 times in comparison with the untreated cuttings. The quantity of roots at the same time increases by 21-48 percent, length – for 25-61 percent. Application of MPP when growing of the implanted cuttings in the greenhouse increases survival of blackberry by 10 percent, honeysuckles – on 18, mountain ashes – by 30 percent. The amount of cuttings growth increases by 14-46 percent.

Keywords: Technology adapter; Automated assembly; Magnetic-pulse processing of plants; Low-frequency irradiation.

For citation: Khort D.O., Filippov P.A. Kutyrev A.I. Model-based analysis of construction design of technological adapter for magnetic-pulse processing of plants in horticulture. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2017; 3: 29-34. DOI 10.22314/2073-7599-2018-11-3-29-34. (In Russian)

Одно из перспективных направлений агроинженерных исследований – создание инновационных технических средств в целях снижения затрат труда и повышения эффективности технологических операций. Создание автономных агрегатов, не нуждающихся в постоянном внимании человека, обеспечит комфортные условия для садовых рабочих, выполняющих основные технологические операции вручную [1].

Надежность и безопасность эксплуатации важно учитывать при проектировании сельскохозяйственных агрегатов. На изделие в процессе работы действует вибрация, которая может привести к частичному или полному разрушению его конструкции. Проведение расчетов прочности в программной среде позволяет выявить на стадии проектирования, до изготовления изделия, недоработки в конструкции, быстро и эффективно внести изменения, с наименьшими затратами времени и человеческих ресурсов.

Цель исследований – обосновать параметры конструкции технологического адаптера для магнитно-импульсной обработки (МИО) растений, провести частотный анализ и методом конечных

элементов изучить его напряженно-деформированное состояние при кинематических нагрузках, моделирующих действие реальных нагрузок на адаптер в полевых условиях.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Моделирование и расчет конструкции технологического адаптера, силовой и частотный анализ проведены в программной среде *Solid Works/Simulation*. С помощью модуля физического моделирования визуализирована кинематическая 3D-модель технологического адаптера и создана сетка конечных элементов (*Finite Element Analysis, FEA*) [2].

Сетка конечных элементов представляет собой численный метод решения дифференциальных уравнений, встречающихся в физике и технике. Этот приближенный метод наиболее распространен в механике твердого тела. Механическое поведение каждого элемента выражается с помощью конечного числа степеней свободы или значений функций во множестве узловых точек. Программное обеспечение разрабатывает уравнение, управляющее поведением каждого элемента, учитывая его соединения с другими элементами, упорядочивает уравнения в систему алгебраических уравнений,



находит неизвестные параметры и определяет аппроксимирующую функцию для каждого элемента. Значение непрерывной функции (φ) в произвольной точке его элемента аппроксимируется полиномом:

$$\varphi^{(e)} = A^{(e)}R + A_o, \tag{1}$$

где $A^{(e)}$ – вектор-строка коэффициентов полинома;
 A_o – свободный член;
 $R = (x, y, z)$ – вектор координат в рассматриваемой точке.

Задача заключается в определении неизвестного вектора $A^{(e)}$ и свободного члена A_o . Для этого, используя условие непрерывности функции в узлах, выразим коэффициенты полинома через вектор узловых значений функции $\Phi^{(e)}$ и координаты узлов. Пределав преобразования, получим:

$$\Phi^{(e)} = N^{(e)} \cdot \Phi^e, \tag{2}$$

где N^e – матрица-строка, элементы которой называются функциями формы конечного элемента.

Функции формы вычисляем в каждой точке конечного элемента через координаты самой точки и координаты узлов элемента.

Далее уравнения (2), относящиеся к отдельным элементам, объединяем в систему алгебраических уравнений:

$$\varphi = N\Phi. \tag{3}$$

Определение вектора Φ узловых значений – наиболее сложная процедура в методе конечных элементов. Составляем систему алгебраических уравнений:

$$K\Phi = B, \tag{4}$$

где K – матрица коэффициентов (матрица жесткости);

B – вектор нагрузок.

Решение системы (4) позволяет определить неизвестный вектор узловых значений. Значения вектора Φ подставляют в (3), после чего значение функции φ можно вычислить в любой точке заданной области [3, 4].

При помощи метода конечных элементов проводят расчет на прочность под действием силовых нагрузок, определяют устойчивость и формы ее потери, анализируют линейные, угловые и результирующие перемещения, вибрации (частоты собственных и вынужденных колебаний).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. В последние десятилетия сельскохозяйственные адаптеры (агрегаты) циклического действия представлены в основном тракторными погрузчиками, манипуляторами и устройствами типа грузоподъемных кранов.

Для разрабатываемого технологического адаптера наиболее существенным показателем служит тип используемого привода. На основании анализа представленной классификации можно отметить, что для наших целей лучше всего использовать электроцилиндры с электронными элементами

управления, закрепленные на раме технологического адаптера.

На рисунке 1 представлена 3D-модель технологического адаптера манипуляторного типа, упрощенной конструкции и сниженной металлоемкости. Такой адаптер позволяет полностью автоматизировать процесс МИО растений с возможностью автоматической настройки к различным агротехнологическим параметрам насаждений.

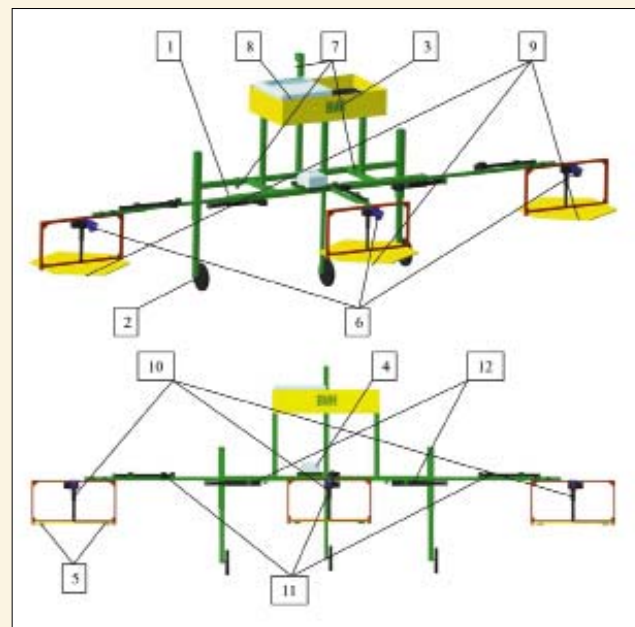


Рис. 1. Конструкция технологического адаптера с модулем магнитно-импульсной обработки растений:

1 – рама; 2 – съемные колеса; 3 – инвертор; 4 – контроллер автоматической системы адаптации под различные культуры; 5 – датчики системы адаптации; 6 – светодиодные прожекторы; 7 – места крепления к трехточечной навесной системе; 8 – электронный прибор магнитно-импульсной обработки растений; 9 – магнитные индукторы; 10 – актуаторы подстройки под высоту растений; 11 – актуаторы изменения угла наклона индукторов; 12 – актуаторы изменения рабочей ширины захвата [5, 6]

Fig. 1. Design of the technological adapter with a module of magnetic pulse processing plants:

1 – frame; 2 – removable wheels; 3 – inverter; 4 – controller of automatic adaptation system for various cultures; 5 – adaptation system sensors; 6 – LED spotlights; 7 – attachment points to the three-point hinged system; 8 – electronic device for magnetic-pulse processing of plants; 9 – magnetic inductors; 10 – adjustment actuators for plant height; 11 – actuators for changing the inductors inclination angle; 12 – actuators for change the operating width

Разрабатываемый технологический адаптер представляет собой автоматизированный агрегат, шарнирно соединенный с элементами навесного устройства, через которые машина передает тяговое усилие, когда она находится в рабочем положении.

нии и выполняет сельскохозяйственную технологическую операцию МИО [5, 6].

Повышение эффективности процесса МИО на технологическом адаптере достигается путем использования автоматической системы адаптации, которая с помощью контроллера, системы актуаторов и датчиков управляет рабочими органами (индукторами) и светодиодными прожекторами, подстраивая их к высоте и габаритам растений. Возможность изменения угла наклона индукторов с помощью актуаторов позволяет облучать высокорослые растения, например в питомниках, садах интенсивного типа, на плантациях ягодных кустарников [7-9].

Технологический адаптер в агрегате с тяговой машиной с помощью системы адаптации, включающей в себя контроллер с ультразвуковыми и лазерными датчиками, автоматически поддерживает требуемый угол наклона и заданное расстояние между растениями, тремя плоскими индукторами и светодиодными прожекторами.

Мобильный агрегат обрабатывает растения импульсами магнитной индукции в низкочастотном диапазоне с одновременным дополнительным синхронным облучением импульсами света определенных длин волн оптического диапазона (445 и 650 Нм). Выбор режима и регулировку параметров работы (частота импульсного и светового излучения, время экспозиции и т.д.) выставляют на блоке управления электронного прибора магнитно-импульсной обработки растений (рис. 2).

Питание электронного прибора осуществляет от инвертора, преобразующего постоянное напряжение бортовой сети 12 В в напряжение 220 В, 50 Гц [3, 10].

При разработке различных механизмов на этапе проектирования необходимо оценивать динамическое качество изделия. Особую важность имеет управление спектром собственных частот будущей механической системы с помощью изменения геометрических параметров системы, свойств материала, а также, конструктивных особенностей исполнения.

Каждая конструкция имеет тенденцию вибрировать на определенных частотах, называемых собственными, или резонансными. Каждая частота собственных колебаний ассоциируется с определенной формой, которую модель стремится принять при вибрировании на этой частоте.

Если конструкция должным образом возбуждена динамической нагрузкой на частоте, которая совпадает с одной из ее собственных частот, то она подвергается большим перемещениям и напряжениям. Частотный анализ помогает избежать резонанса на этапе проектирования. При этом необходимо иметь в виду, что из-за сложности конструк-

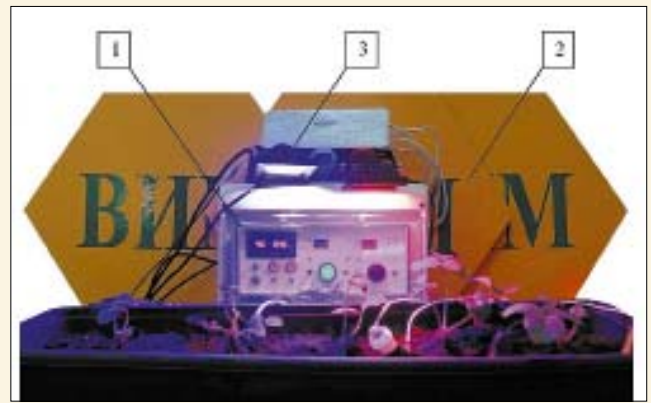


Рис. 2. Электронный прибор магнитно-импульсной обработки растений:

1 – блок управления; 2 – магнитные индукторы; 3 – световые излучатели

Fig. 2. Electronic device for magnetic-pulse processing of plants: 1 – control unit; 2 – magnetic inductors; 3 – light emitters

ции не всегда есть возможность провести частотный анализ. Характеристическое уравнение (5) называют уравнением собственных частот механической системы:

$$\begin{vmatrix} c_{11} - \omega^2 a_{11} & c_{12} - \omega^2 a_{12} & c_{1n} - \omega^2 a_{1n} \\ c_{21} - \omega^2 a_{21} & c_{22} - \omega^2 a_{22} & c_{2n} - \omega^2 a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots \\ c_{n1} - \omega^2 a_{n1} & c_{n2} - \omega^2 a_{n2} & c_{nn} - \omega^2 a_{nn} \end{vmatrix} = 0, \quad (5)$$

где c – квазиупругие коэффициенты (вторая производная от потенциальной энергии по обобщенным координатам);

ω – частота гармонических колебаний;

a – инерционный коэффициент;

n – число степеней свободы.

Число положительных корней этого уравнения равно числу степеней свободы n . Эти корни представляют собой угловые частоты свободных колебаний линейной системы, называемые собственными частотами системы, упорядоченную совокупность которых называют спектром:

$$\omega_1 \leq \omega_2 \leq \dots \leq \omega_n, \quad (6)$$

В развернутом виде характеристическое уравнение (5) можно представить в виде:

$$\begin{vmatrix} -1 - \omega^2 \sum_{i=1}^n f_{i1} a_{i1} & -\omega^2 \sum_{i=1}^n f_{i2} a_{i2} & \dots & -\omega^2 \sum_{i=1}^n f_{in} a_{in} \\ -\omega^2 \sum_{i=1}^n f_{21} a_{21} & 1 - \omega^2 \sum_{i=1}^n f_{22} a_{22} & \dots & -\omega^2 \sum_{i=1}^n f_{2n} a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ -\omega^2 \sum_{i=1}^n f_{n1} a_{n1} & -\omega^2 \sum_{i=1}^n f_{n2} a_{n2} & \dots & 1 - \omega^2 \sum_{i=1}^n f_{nn} a_{nn} \end{vmatrix} = 0, \quad (7)$$

где f_{nk} – величина обобщенного перемещения q_l от квазистатической обобщенной силы $Q_l = 1$.

3D-модель технологического адаптера с разбиением ее на конечные элементы разработана в программной среде *Solid Works/Simulation*.

В результате проведенного анализа получены



формы колебаний конструкции и ее резонансные частоты (рис. 3, таблица).

Проведен анализ напряженно-деформированного состояния конструкции технологического адаптера и его узлов. Исследуемая модель имела следующие граничные условия: она зафиксирована в местах крепления трехточечной навесной системы, к направляющей в месте крепления рабочих органов МИО приложена нагрузка по всей поверхности 50 Н.

В результате анализа установлены зоны концентрации напряжений, определены уровни максимальных напряжений, выявлены особенности распределения дисперсии напряжений в этих зонах, получены спектры эквивалентных напряжений модели.

Из анализа следует, что максимальные значения напряжений находятся в области крепления направляющей магнитных индукторов к штанге регулировки ширины захвата.

Выводы. При проектировании сельскохозяйственных агрегатов важно учитывать их надежность и безопасность эксплуатации. На изделие в процессе работы действует вибрация, которая может привести к частичному или полному разрушению его конструкции. Проведение расчетов прочности в программной среде позволяет выявить на стадии проектирования, до изготовления изделия, недоработки в конструкции, внести изменения быстро и эффективно, с наименьшими затратами времени и человеческих ресурсов.

В результате частотного анализа найдены значения резонансных частот, выявлена стойкость к воздействию синусоидальной вибрации. Выявлено, что резонансные частоты лежат за пределами диапазона частот, воздействующих на технологический адаптер при его эксплуатации и транспортировании. Погрешность моделирования не превышает 5%.

Анализ напряженно-деформированного состояния конструкции технологического адаптера и его узлов показал, что при нагрузке технологического адаптера рабочими органами МИО (магнитными индукторами) в 50 Н вертикальное смещение направляющей составляет 1,16 мм. На основании этого можно сделать вывод, что направляющая удовлетворяет требования жесткости.

Разрабатываемый технологический адаптер ма-

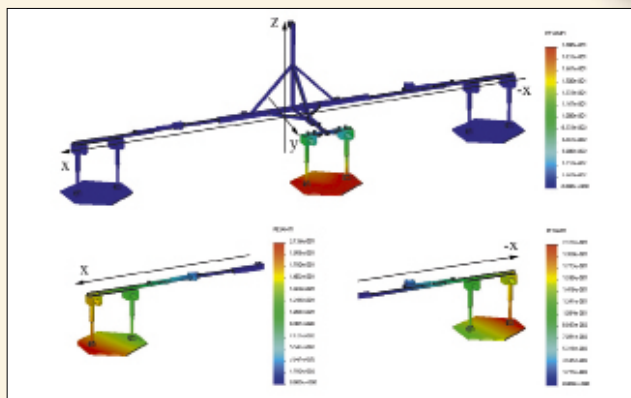


Рис. 3. Частотное исследование технологического адаптера в программе Solid Works / Simulation

Fig. 3. Frequency study technological adapter in the program Solid Works / Simulation

Table		Таблица		
РЕЗОНАНСНЫЕ ЧАСТОТЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ АНАЛИЗА RESONANT FREQUENCIES RECEIVED AS A RESULTS OF THE ANALYSIS				
№	Режим / Mode			период, с period, s
	частотный, Рад/с frequency, Rad/s	частотный, Гц frequency, Hz		
1	9,1934	1,4632		0,68345
2	9,2064	1,4652		0,68248
3	10,033	1,5967		0,62628
4	10,083	1,6048		0,62314
5	22,031	1,6048		0,2852

нипуляторного типа, с упрощенной конструкцией и сниженной металлоемкостью, позволяет полностью автоматизировать процесс магнитно-импульсной обработки растений с возможностью автоматической настройки к различным агротехнологическим параметрам насаждений. Частота импульсно-светового излучения и время экспозиции выставляется на блоке управления электронного прибора.

Применение технологического адаптера с модулем магнитно-импульсной обработки позволяет повысить урожайность в результате ускорения роста и развития растений после их облучения низкочастотными магнитными импульсами с одновременным дополнительным облучением импульсами света, автоматизировать процесс обработки растений, сократить количество химических обработок, число проходов агрегата, а также сэкономить топливо и трудовые затраты.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лобачевский Я.П., Смирнов И.Г., Хорт Д.О., Филиппов Р.А., Кутырёв 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.

2. Куликов И.М., Донекких В.И., Упадышев М.Т. Магнитно-импульсная обработка растений как перспектив-

ный прием в технологических процессах садоводства // Садоводство и виноградарство. 2015. N4. С. 45-52.

3. Хорт Д.О., Филиппов Р.А., Кутырёв А.И. Многофункциональное робототехническое средство с системой технического зрения // Инновации в сельском хозяйстве. 2015. N4(14). С. 115-121.

4. Смирнов И.Г., Артюшин А.А., Хорт Д.О., Филиппов Р.А., Кутырёв А.И., Цымбал А.А. Робототехнические средства в растениеводстве // Научный журнал КубГАУ. 2016. N118(04). С. 1651-1660. URL:<http://ej.kubagro.ru/2016/04/pdf/109.pdf> (Дата обращения 04.06.2017).

5. Кутырёв А.И. Технологический адаптер для робототехнического средства в садоводстве // Плодоводство и ягодоводство России. 2016. Т. XXXXVI. С. 180-185.

6. Кутырёв А.И. Особенности разработки робототехнического средства для садоводства // Плодоводство и ягодоводство России. 2016. Т. XXXXVI. С. 175-179.

7. Патент 167530 РФ. Робот для магнитно-импульсной обработки растений / Измайлов А.Ю., Кутырёв А.И., Смирнов И.Г., Филиппов Р.А., Хорт Д.О. Бюл. 2017. N1.

8. Brown F.A., Barnwell F.H., Webb H.M. Adaptation of the magneto receptive mechanism of mud-snails to geomagnetic strength. *Biological Bulletin*. 1964. Vol. 127; 2: 221.

9. Brown F.A. A hypothesis for extrinsic timing of circadian rhythms / F.A. Brown. *Canadian Journal of Botany*. 1969. Vol. 47; 2: 287.

10. Измайлов А.Ю., Хорт Д.О., Смирнов И.Г., Филиппов Р.А., Кутырёв А.И. Обоснование параметров робототехнического средства с опрыскивателем и модулем магнитно-импульсной обработки растений в садоводстве // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2017. N1. С. 3-1.

REFERENCES

1. Lobachevskiy Ya.P., Smirnov I.G., Khort D.O., Filippov R.A., Kutyrev A.I. Innovative equipment for machine technologies in horticulture. *Nauchno-informatsionnoe obespechenie innovatsionnogo razvitiya APK: Materialy VIII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «InformAgro-2016»*, Moscow, 25-27 May 2016. K.A. Timiryazev RGU – MSKhA. Moscow, 2016: 199-203. (In Russian)

2. Kulikov I.M., Donekkikh V.I., Upadyshev M.T. Magnetic-pulse processing of plants as perspective method in technological processes of horticulture. *Sadovodstvo i vinogradarstvo*. 2015; 4: 45-52. (In Russian)

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

4. Smirnov I.G., Artyushin A.A., Khort D.O., Filippov R.A., Kutyrev A.I., Tsybmal A.A. Robotic means in plant growing. *Nauchnyy zhurnal KubGAU*. 2016; 118(04): 1651-1660. URL:<http://ej.kubagro.ru/2016/04/pdf/109.pdf> (Accessed 04.06.2017). (In Russian)

5. Kutyrev A.I. Technology adapter for robotic agent in

horticulture. *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii*. 2016; XXXXVI: 180-185. (In Russian)

6. Kutyrev A.I. Features of the development of robotic tools for gardening. *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii*. 2016; XXXXVI: 175-179. (In Russian)

7. Patent 167530 RF. Robot dlya magnitno-impul'snoy obrabotki rasteniy [Robot for magnetic-pulse processing of plants]. Izmaylov A.Yu., Kutyrev A.I., Smirnov I.G., Filippov R.A., Khort D.O. Bul. 2017. N1. (In Russian)

8. Brown F.A., Barnwell F.H., Webb H.M. Adaptation of the magneto receptive mechanism of mud-snails to geomagnetic strength. *Biological Bulletin*. 1964. Vol. 127; 2: 221. (In English)

9. Brown F.A. A hypothesis for extrinsic timing of circadian rhythms. *Canadian Journal of Botany*. 1969. Vol. 47; 2: 287. (In English)

10. Izmaylov A.Yu., Khort D.O., Smirnov I.G., Filippov R.A., Kutyrev A.I. Justification of parameters of robotic means with sprayer and module magnetic-pulseprocessing of plants in horticulture. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2017; 1: 3-10. (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.

