

УДК 681.5

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АДАПТАЦИИ МАГНИТНЫХ ИНДУКТОРОВ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО АГРЕГАТА МИО

А. И. Кутырёв, аспирант

Д. О. Хорт, кандидат сельскохозяйственных наук

Р. А. Филиппов, кандидат сельскохозяйственных наук

ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»»,

г. Москва, Россия

e-mail: rostislav-filippov@yandex.ru

Аннотация. В статье приведен принцип работы мобильного агрегата магнитно-импульсной обработки растений. Представлены схемы автоматизированной системы поддержания заданного расстояния и угла наклона между индукторами и обрабатываемыми низкочастотным магнитным полем растениями. Рассмотрен алгоритм работы и приведен фрагмент программного кода расчета требуемого перемещения штока линейного актуатора. Задав требуемое значение расстояния до объекта облучения запускается цикл, включающий в себя определение текущего расстояния до объекта, расчет изменения дистанции до объекта и перемещение штока на найденное, требуемое расстояние. Предложенный способ и алгоритм подстройки под агротехнологические параметры растений показал свою работоспособность. Опыт показал, что при движении агрегата со скоростью 1,5 км/ч и при угле наклона датчика 30% необходимое время задержки срабатывания штока актуатора для подстройки к высоте растения составит 0,8 сек. Конструкция агрегата магнитно-импульсной обработки с предлагаемым алгоритмом работы системы управления позволит повысить точность выполнения операции облучения с возможностью настройки к различным агротехнологическим параметрам насаждений, обеспечивая требуемое значение магнитной индукции в рабочей зоне.

Ключевые слова: *система управления, магнитно-импульсная обработка, облучение растений, автоматизированный агрегат, электрофизические методы*

Актуальность. Успешное развитие сельскохозяйственного производства требует использования современных энергосберегающих технологий для повышения урожайности культур и получения экологически чистых

продуктов. Одной из альтернатив использования в производстве химических препаратов и применения генетически модифицированных организмов является применение электрофизических способов воздействия на биологические объекты. В сельском хозяйстве на большом объеме экспериментальных данных доказано реагирование биологических объектов на действие искусственного магнитного поля и предлагаются различные способы использования искусственного магнитного поля для стимуляции жизненных и ростовых процессов растений [1,2].

Анализ последних исследований и публикаций. Основной составляющей автоматизированного агрегата является разработанный аппарат магнитно-импульсной обработки (МИО) растений, который в результате проведенных лабораторных испытаний показал высокую эффективность на облучение семян, ростков и вегетирующих растений низкочастотным магнитным полем. Работа аппарата, основана на преобразовании электрической энергии конденсаторного блока в воздействующие факторы – импульсы магнитной индукции. Разработанный аппарат работает в больших диапазонах частот импульсного магнитного облучения и обеспечивает необходимые параметры воздействия на растения [3,4].

Цель исследования – разработка и анализ алгоритма работы системы управления поддержания требуемого значения магнитной индукции в рабочей зоне для выполнения автоматизированным навесным агрегатом технологической операции магнитно-импульсной обработки растений в полевых условиях.

Материалы и методы исследования. Для автоматизации процесса подстройки рабочего органа под агротехнологические параметры растений использован язык программирования «С/С++». Для разработки программного кода расчета требуемого перемещения штока актуатора использован текстовый редактор Sublime Text. Функциональные возможности программы связаны с возможностями контроллеров STM32, Arduino Mega/Uno/Nano. Для вывода

графической информации и взаимодействия с ней использована среда Nextion editor.

Результаты исследований и их обсуждение. Для качественного выполнения технологической операции обработки садовых растений низкочастотным магнитным полем в условиях промышленных плантаций разработан навесной агрегат магнитно-импульсной обработки (МИО) растений (рис.1).



Рис. 1. Автоматизированный агрегат для магнитно-импульсной обработки растений:

1 – рама автоматизированного агрегата, 2 – блок управления агрегата, 3,5,7 – электроцилиндры (линейные актуаторы) поддержания заданного расстояния между индукторами и растениями, 4,6,8 – электроцилиндры изменения угла наклона, 9,10 – электроцилиндры изменения ширины захвата, 11 – съемные колеса, 12 – крепления к навеске трактора, 13 - рабочие органы (магнитные индукторы)

Линейные актуаторы агрегата обеспечивают подъём (опускание) и выдвижение стрел в вертикальной плоскости и наклон рабочих органов МИО на углы до 90° в горизонтальной плоскости. Возможность изменения угла наклона индукторов с помощью актуаторов, позволяет облучать низкочастотными импульсами магнитной индукции растения в питомниках, садах интенсивного типа, плантациях ягодных кустарников [5-8].

При выполнении технологической операции агрегат МИО движется по плантации, что предполагает наличие неровностей с величиной не превышающей требования агрофона для обрабатываемой культуры. При наезде агрегата на неровность положение индуктора изменяется, что ведет к изменению положения зоны воздействия с необходимыми параметрами (5 мТл) для качественного выполнения технологической операции. Также изменчивы агротехнологические параметры растений, размерные параметры кустов и их строение.

Ширина куста у земляники в зависимости от фазы вегетации и сорта варьируется от 0,34 до 0,64 м при средней величине 0,459 м. Высота кустов находятся в пределах 0,21-0,45 м при среднем значении в 0,325 м.

При проведении технологической операции облучении растений и наезде переднего колеса на неровность происходит смещение рабочего органа автоматизированного агрегата вниз. В наибольшей степени свое местоположение изменяет максимально удаленная от центра поворота задняя часть индуктора.

Для обеспечения постоянного значения магнитной индукции в рабочей зоне при движении агрегата рабочий орган (индуктор) имеет возможность с помощью линейных актуаторов автоматически подстраивается под высоту куста и неровности почвы, путем перемещая штока на величину ΔS (рис. 2).

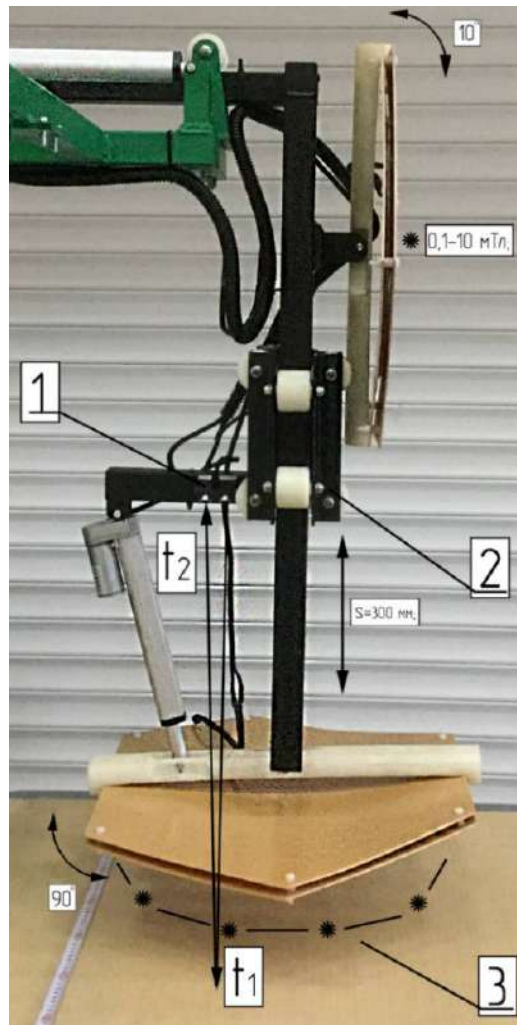


Рис. 2. Схема автоматизированной системы поддержания заданного расстояния и угла между магнитными индукторами и растениями:

1 – бесконтактный ультразвуковой датчик, 2 – каретка актуатора поддержания заданного расстояния, 3 – настраиваемое низкочастотное магнитное поле в рабочей зоне

Ультразвуковой датчик, установленный под углом, измеряет расстояние до растения. Контроллер с задержкой времени T движения агрегата, передает управляющий сигнал на перемещение штока актуатора. Задержка времени перемещения штока зависит от расстояния до растения и скорости движения мобильного агрегата с выбранным режимом МИО [9,10].

Расстояние b находится из прямоугольного треугольника ABC :

$$b = c \cdot \cos(A);$$

Скорость движения агрегата:

$$V = \frac{3,6(L + d)F}{N} \text{ м/с};$$

где L – длина плоского индуктора рабочего органа в направлении скорости движения агрегата, м; d – диаметр куста растений, м; F – частота следования импульсов магнитной индукции, Гц; N – число воздействующих импульсов магнитной индукции; c – показания ультразвукового датчика, м;

Отсюда время задержки подстройки рабочих органов под растения:

$$T = \frac{c \cdot \cos(A) \cdot N}{3,6(L + d)F}, \text{ с};$$

Для регулировки угла наклона индукторов используются датчики, закреплённые на рабочих органах.

Актуаторы, получая сигнал от контроллера, перемещают шток на требуемое расстояние, в зависимости от показаний датчиков. Фрагмент программного кода расчета требуемого перемещения штока актуатора:

```
// Замер дистанции до объекта;
distance = sonar.ping_cm();
// Расчет изменения расстояния;
distanceDelta = distance – distanceLast;
// Проверяем необходимые условия для перемещения штока актуатора;
If((abs(distanceDelta)>2) && (distance <30) && (distance >5));
// Запоминаем текущее расстояние для дальнейших расчетов;
distanceLast = distance;
// Вызываем функцию перемещения штока актуатора;
motion(distanceDelta);
```

Для проверки правильности рассчитанных параметров проведено лабораторное испытание. На пути движения агрегата установлены препятствия различной высоты ΔS . При движении агрегата с необходимой постоянной

скоростью актуаторы перемещали рабочий орган по заданному алгоритму, путем выдвигания штока (рис.3).



Рис. 3. Дисплей спидометра и крепления датчика к съемным колесам агрегата

Для точного контроля скорости движения на съемных колесах агрегата установлен датчик - геркон числа оборотов, подключенный к спидометру с дисплеем (рис. 4).



Рис. 4. Дисплей спидометра и крепления датчика к съемным колесам агрегата

На ободе колеса закреплен магнит, на стойке, напротив магнита закреплен геркон. При вращении, геркон получает импульсы от магнита. На основании частоты магнитных импульсов и длины окружности колеса спидометр по введенным в память формулам рассчитывает скорость.

Выводы и перспективы. Предложенный способ и алгоритм подстройки под агротехнологические параметры растений показал свою работоспособность. Опыт показал, что при движении агрегата со скоростью 1,5 км/ч и при угле наклона датчика 30% необходимое время задержки срабатывания штока актуатора для подстройки к высоте растения составит 0,8 сек. Конструкция агрегата магнитно-импульсной обработки с предлагаемым алгоритмом работы системы управления позволит повысить точность выполнения операции облучения с возможностью настройки к различным агротехнологическим параметрам насаждений, обеспечивая требуемое значение магнитной индукции в рабочей зоне. Созданный агрегат позволяет внедрять новый экологически безопасный технологический прием облучения плодовых культур импульсным магнитным полем.

Список литературы

1. Кутырёв А.И. Магнитно-импульсная обработка семян земляники садовой / А. И. Кутырёв, Д. О. Хорт, Р. А. Филиппов, Ю. С. Ценч // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2017. – № 5. – С. 9-15.
2. Козырский В.В. Влияние предпосевной обработки в магнитном поле на посевные качества семян сельскохозяйственных культур / В. В. Козырский, В. В. Савченко, А. Ю. Синявский // Вестник ВИЭСХ. – 2017. – № 2 (27). – С. 132-136.
3. Хорт Д.О. Разработка аппарата для магнитно-импульсной обработки растений / Д. О. Хорт, Р. А. Филиппов, А. И. Кутырёв // Инновации в сельском хозяйстве. – 2017. – № 1 (22). – С. 50-55.
4. Пат. 173651 РФ, Аппарат импульсной обработки растений / Кутырев А.И., Хорт Д.О., Филиппов Р.А., Смирнов И.Г.
5. Хорт Д.О. Моделирование и анализ конструкции технологического адаптера для магнитно-импульсной обработки растений в садоводстве / Д. О. Хорт, Р. А. Филиппов, А. И. Кутырёв // Сельскохозяйственные машины и технологии, 2017. № 3. С. 29-34.

6. Пат. 174410 РФ, Устройство для магнитно-импульсной обработки садовых растений / Филиппов Р.А., Хорт Д.О., Кутырев А.И.

7. Кутырев А.И. Расчет привода рабочего органа автоматизированного агрегата магнитно-импульсной обработки садовых растений // Плодоводство и ягодоводство России / А. И. Кутырев. – 2017. – Т. L. – С. 184-188.

8. Кутырев А.И. Проектирование автоматизированного агрегата магнитно-импульсной обработки садовых растений Плодоводство и ягодоводство России / А. И. Кутырев. – 2017. – Т. L. – С. 189-195.

9. Филиппов Р.А. Робот-опрыскиватель для обработки растений земляники садовой / Р. А. Филиппов, Д. О. Хорт, А. И. Кутырёв. //Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. – 2017. – № 1 (16). – С. 278-284.

10. Кутырёв А.И. Система автоматизированного управления параметрами агрегата магнитно-импульсной обработки растений в садоводстве / А. И. Кутырёв, Д. О. Хорт, Р. А. Филиппов, Р. В. Вершинин, И. Г. Смирнов // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2018. – Т. 12. –№1. –С. 16-21. – DOI 10.22314/2073- 7599-2018-12-1-16-21.

References.

1. Kutyrev, A. I., Khort, D. O., Filippov, R. A., Cench Ju.S. (2017). Magnitno-impul'snaja obrabotka semjan zemljaniki sadovoj. Sel'skohozjajstvennye mashiny i tehnologii, 5, 9-15.

2. Kozyrskij, V.V., Savchenko, V.V., Sinjavskij, A.Ju. (2017). Vlijanie predposevnoj obrabotki v magnitnom pole na posevnye kachestva semjan sel'skohozjajstvennyh kul'tur. Vestnik VIJeSH, 2 (27), 132-136.

3. Khort, D. O., Filippov, R. A., Kutyrev, A. I. (2017). Razrabotka apparata dlja magnitno-impul'snoj obrabotki rastenij. Innovacii v sel'skom hozjajstve, 1 (22), 50-55.

4. Pat. 173651 RF, Apparat impul'snoj obrabotki rastenij. Kutyrev, A.I., Khort, D.O., Filippov, R.A., Smirnov, I.G.

5. Khort, D.O., Filippov, R.A., Kutyrev, A.I. (2017). Modelirovanie i analiz konstrukcii tehnologicheskogo adaptera dlja magnitno-impul'snoj obrabotki rastenij v sadovodstve // Sel'skohozjajstvennye mashiny i tehnologii, 3, 29-34.

6. Pat. 174410 RF, Ustrojstvo dlja magnitno-impul'snoj obrabotki sadovyh rastenij. Filippov, R.A., Khort, D.O., Kutyrev, A.I.

7. Kutyrev, A.I. (2017). Raschet privoda rabocheho organa avtomatizirovannogo agregata magnitno-impul'snoj obrabotki sadovyh rastenij // Plodovodstvo i jagodovodstvo Rossii, L, 184-188.

8. Kutyrev, A. I. (2017). Proektirovanie avtomatizirovannogo agregata magnitno-impul'snoj obrabotki sadovyh rastenij. Plodovodstvo i jagodovodstvo Rossii. 2017. T. L, 189-195.

9. Filippov, R.A., Khort, D.O., Kutyrev, A.I. (2017). Robot-opryskivatel' dlja obrabotki rastenij zemljaniki sadovoj. Konstruirovanie, ispol'zovanie i nadezhnost' mashin sel'skohozejstvennogo naznachenija, (16), 278-284.

10. Kutyrev, A.I., Khort, D.O., Filippov, R.A., Vershinin, R.V., Smirnov, I.G. (2018). Sistema avtomatizirovannogo upravlenija parametrami agregata magnitno-impul'snoj obrabotki rastenij v sadovodstve. Sel'skohozejstvennyye mashiny i tehnologii, 12 (1), 16-21. DOI 10.22314/2073-7599-2018-12-1-16-21.

РОЗРОБКА СИСТЕМИ АДАПТАЦІЇ МАГНІТНИХ ІНДУКТОРІВ АВТОМАТИЗОВАНОГО АГРЕГАТУ МІО

А. І. Кутирьов, Д. О. Хорт, Р. О. Філіппов

Анотація. У статті наведено принцип роботи мобільного агрегату магнітно-імпульсної обробки рослин. Представлені схеми автоматизованої системи підтримки заданої відстані і кута нахилу між індукторами і рослинами, що оброблюються низькочастотним магнітним полем. Розглянуто алгоритм роботи і наведено фрагмент програмного коду розрахунку необхідного переміщення штока лінійного актуатора. Задавши потрібну установку відстані до об'єкта опромінення запускається цикл, що включає в себе визначення поточної відстані до об'єкта, розрахунок зміни дистанції до об'єкта і переміщення штока на знайдену, необхідну відстань. Запропонований спосіб і алгоритм підстроювання під агротехнологічні параметри рослин показав свою працездатність. Досвід показав, що при русі агрегату зі швидкістю 1,5 км/год і при куті нахилу датчика 30 % необхідний час затримки спрацьовування штока актуатора для підстроювання до висоти рослини складе 0,8 с. Конструкція агрегату магнітно-імпульсної обробки із запропонованим алгоритмом роботи системи керування дозволить підвищити точність виконання операції опромінення з можливістю настройки до різних агротехнологічних параметрів насаджень, забезпечуючи необхідне значення магнітної індукції в робочій зоні.

Ключові слова: *система керування, магнітно-імпульсна обробка, опромінення рослин, автоматизований агрегат, електрофізичні методи*

DEVELOPMENT OF ADAPTATION SYSTEM MAGNETIC INDUCTORS AUTOMATED AGGREGATE MPP

A. Kutyrev, D. Khort, R. Filippov,

Abstract. *The article presents the principle of operation of the mobile unit of magnetic pulse treatment of plants. Schemes of the automated system of maintenance of the set distance and angle of inclination between inductors and the plants processed by a low-frequency magnetic field are presented. The algorithm of*

work is considered and the fragment of the program code of calculation of the required movement of a rod of the linear actuator is resulted. By setting the required distance to the irradiation object, a cycle is started, which includes determining the current distance to the object, calculating the change in distance to the object and moving the rod to the found, required distance. The proposed method and the algorithm of adaptation to agro-technological parameters of the plant showed its performance. Experience has shown that when the unit moves at a speed of 1.5 km/h and at a tilt angle of 30%, the required delay time of actuator rod operation to adjust to the height of the plant will be 0.8 sec. The design of the magnetic pulse treatment unit with the proposed algorithm of the control system will improve the accuracy of the irradiation operation with the ability to adjust to different agro-technological parameters of the plantings, providing the required value of magnetic induction in the working area.

Key words: *control system, magnetic-pulse processing, irradiation plants, automated Assembly, electro-physical methods*