

А. Н. Юрин, В. В. Викторovich, С. П. Кострома, А. А. Игнатчик

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»
г. Минск, Республика Беларусь
E-mail: anton-jurin@rambler.ru, lab_plodoyagoda@mail.ru*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ОРИЕНТАЦИИ РАБОЧЕГО ОРГАНА К РОБОТИЗИРОВАННОЙ МАШИНЕ ДЛЯ ПРОПАЛЫВАНИЯ ПИТОМНИКОВ

Аннотация. В данной статье представлены экспериментальные исследования функционирования системы автоматической ориентации рабочего органа к роботизированной машине для пропалывания питомников.

Ключевые слова: сады интенсивного типа, сорная растительность, междурядье, насаждение, штамп насаждения, защитная зона, степень подрезания, ультразвуковой датчик, схема размещения, скорость движения.

A. N. Yurin, V. V. Viktorovich, S. P. Kostroma, A. A. Ignatchik

*RUE "SPC NAS of Belarus for Agricultural Mechanization"
Minsk, Republic of Belarus
E-mail: anton-jurin@rambler.ru, lab_plodoyagoda@mail.ru*

EXPERIMENTAL STUDIES OF THE FUNCTIONING OF THE SYSTEM OF AUTOMATIC ORIENTATION OF THE WORKING BODY TO A ROBOTIC MACHINE FOR PUNCHING NURSERY

Abstract. This article presents an experimental study of the functioning of the system of automatic orientation of the working body to a robotic machine for weeding nurseries.

Keywords: intensive gardens, weeds, inter-row, planting, planting bole, protection zone, undercutting degree, ultrasonic sensor, placement scheme, movement speed.

Введение

Одной из причин дефицита объема и качества произведенного посадочного материала является низкий уровень механизации работ в садоводстве.

В настоящее время уровень механизации работ в садоводстве остается самым низким в отрасли сельского хозяйства. Наиболее трудоемкие процессы в садоводстве выполняются вручную, что повышает себестоимость продукции и снижает ее качество [1].

Одной из операций, до настоящего времени не механизированной, остается уничтожение сорной растительности в питомниках.

Вопросу борьбы с сорняками в питомниководстве в последнее время уделяется большое внимание, поскольку на сильно засоренных посадках невозможно получить должную отдачу от приемов интенсификации питомниководства [2].

Сорняки снижают зимостойкость растений, являются резерваторами многих вредителей и возбудителей болезней. Активность микробиологических процессов в почве на засоренных участках также снижается. Сорные растения обладают большей пластичностью и устойчивостью к поражению болезнями и вредителями, имеют более мощную корневую систему, способны извлекать питательные вещества и воду из более глубоких слоев почвы, успешно соседствуют с культурными растениями. Развитая корневая система сорных растений механически ограничивает распространение корневых систем культурных растений. Все это отрицательно сказывается на росте и развитии саженцев плодовых и ягодных культур и приводит к ухудшению качественных показателей посадочного материала [3].

Таким образом, очевидно, что без применения эффективных мер борьбы с сорняками довольно затруднительно получить высококачественный посадочный материал, необходимый для дальнейшей интенсификации садоводства.

Для решения этой задачи в настоящее время применяют агротехнические, биологические и химические методы защиты растений от сорняков. В системе борьбы с сорной растительностью в настоящее время предпочтение отдается применению гербицидов. Однако, несмотря на накопленный опыт применения гербицидов и важные достижения в этой области, использование гербицидов в питомниководстве продолжает оставаться серьезной проблемой, так как применение гербицидов затрудняет получение высоких урожаев в дальнейшем. Поэтому, несмотря на очевидные преимущества химических методов защиты, полностью отказаться от механической борьбы с сорняками не представляется возможным.

Основным недостатком существующих средств механизации для обработки почвы в плодородных питомниках является отсутствие эффективных средств механизации для рыхления почвы и уничтожения сорной растительности в околотамбовой зоне, качество обработки которой непосредственно сказывается на качестве посадочного материала [4].

В последнее десятилетие большое количество зарубежных фирм приступило к созданию роботизированных технических средств для механизации трудоемких процессов в садоводстве, таких как уборка плодов, химическая защита насаждений, кошение и обработка почвы [5].

Отсутствие в настоящее время серийных образцов данной техники в производстве, перспектива устранения ручного труда и «человеческого фактора» толкают создателей данных машин к дальнейшей работе.

С 2019 г. и в РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» ведутся работы по созданию роботизированной машины для пропалывания питомников.

Основная часть

Конструктивно-технологическая схема роботизированной машины для пропалывания междурядий и рядов питомника и ягодников определяется в первую очередь агротехническими требованиями, предъявляемыми к выполнению технологических операций по выращиванию растений в питомниках и ягодниках. Существенным фактором является также схема посадки саженцев.

Макетный образец роботизированной машины, созданный в РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», выполнен навесным к трактору класса 0,6-1,4 и состоит из следующих сборочных единиц и узлов: рамы, колесного хода, гидросистемы, системы управления и рабочего органа (рис. 1).



Рис. 1. Макетный образец роботизированной машины для пропалывания междурядий питомников и ягодников:
1 – рама; 2 – рабочий орган; 3 – колесный ход; 4 – система управления; 5 – гидросистема

Система управления предназначена для автоматической ориентации рабочего органа относительно ряда обрабатываемых растений в зависимости от расстояния до растения и скорости движения энергетического средства, а также для отображения на экране величины расстояний смещения машины относительно ряда саженцев, предназначенных для корректировки положения управляемых колес трактора. Система управления состоит из программируемого микроконтроллера, защищенного корпуса с сенсорной панелью и системы датчиков.

Управление макетным образцом осуществляется при помощи сенсорного экрана контрольной панели.

Рабочий орган представляет собой вертикально-фрезерный рабочий орган с вертикальной осью вращения и приводом от гидромотора, установленный на поводке с параллелограмной подвеской.

Рабочий процесс рыхления почвы и уничтожения сорной растительности в междурядьях, межстволовой и околотамбовой зоне посадочного материала плодовых и ягодных культур посредством роботизированной машины осуществляется следующим образом.

Роботизированная машина, агрегатируемая трактором, подъезжает к питомнику и останавливается перед началом ряда посадочного материала. Механизатор посредством органов управления переводит рабочий орган из транспортного положения в рабочее, затем из кабины трактора включает систему автоматической ориентации рабочего органа относительно ряда обрабатываемых растений (САО), и машина начинает движение по ряду. При обнаружении саженца САО через блок управления подается команда на электрогидрораспределитель и поводок с рабочим органом отходит в сторону. После прохода саженца рабочий орган машины возвращается в исходное положение.

В процессе движения по ряду механизатором при необходимости осуществляется корректировка траектории движения машины относительно ряда обрабатываемых растений на основании данных, полученных с контрольной панели системы управления.

При выполнении операции пропалывания междурядий питомников и ягодников должны выполняться следующие агротехнические требования:

Подрезание сорной растительности, % 100

Глубина обработки почвы, см. 3–5

Отклонение от средней глубины обработки, см, не более 1

Повреждение насаждений Не допускается

В связи с этим очевидно, что полное подрезание сорной растительности при отсутствии повреждений посадочного материала в процессе пропалывания междурядий и рядов посадочного материала питомников и ягодников возможно лишь с применением системы автоматической ориентации рабочего органа роботизированной машины, основанной на бесконтактном методе определения наличия и расположения растений.

Однако полное подрезание сорной растительности возможно только при обработке почвы вплотную к штамбу саженца, что может привести к его повреждению. Поэтому при осуществлении технологических операций пропалывания предусматривается оставление защитной зоны возле обрабатываемых растений для саженцев плодовых и ягодных культур – 0,05–0,10 м.

Бесконтактное определение положения насаждения может быть основано на принципе технического зрения с использованием высокоскоростной камеры или ультразвуковых датчиков. Однако условия работы при осуществлении процесса пропалывания междурядий и рядов питомников предусматривают образование большого количества пыли, что негативно сказывается на работе оптики.

Поэтому наиболее рациональным решением является применение ультразвуковых датчиков, способных работать в условиях плохой видимости и высокого запыления. Для этих целей был использован ультразвуковой датчик E4C-DS80 с усилителем E4C-UDA41AN фирмы Omron (рис. 2), позволяющий определять расстояние до объекта с точностью до 1 мм на расстоянии не менее 70 мм и не более 800 мм.

Область распознавания объектов датчиком E4C-DS80 приведена на рис. 3, из которого видно, что для уверенного определения объекта расстояние до него не должно превышать 600–700 мм.



Рис. 2. Ультразвуковые датчики типа E4C-DS80 с усилителями E4C-UDA41AN (фирма Omron)

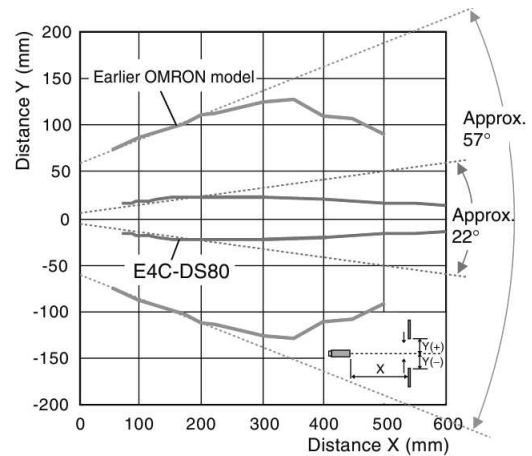


Рис. 3. Область распознавания объектов датчиком E4C-DS80

Очевидно, что при работе роботизированной машины рабочий орган будет совершать цикличные отходы в сторону при появлении в поле «зрения» датчика растения и возвращаться в исходное положение после его прохода. При этом, учитывая допустимые агротребованиями отклонения в схеме посадки насаждений по расстоянию в ряду, необходимо максимально точно в режиме реального времени определить расположение каждого насаждения, обрабатываемого рабочим органом и следующего за ним.

Для этого на роботизированной машине опробованы различные схемы размещения ультразвуковых датчиков, приведенные на рис. 4.

Экспериментальные исследования представленных схем размещения ультразвуковых датчиков с поперечно-симметричным, поперечно-несимметричным, поперечным односторонним, продольно-поперечным расположением на роботизированной машине показали, что точность определения расстояния до насаждений составляет 96,0; 96,2; 97,4; 98,2 % соответственно.

Таким образом, для дальнейших исследований принята схема с продольно-поперечным расположением датчиков, приведенная на рис. 4, з.

Силами лаборатории механизации возделывания плодоягодных и овощных культур РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» совместно с отделами питомниководства и ягодных культур РУП «Институт пловодства» проведены экспериментальные ис-

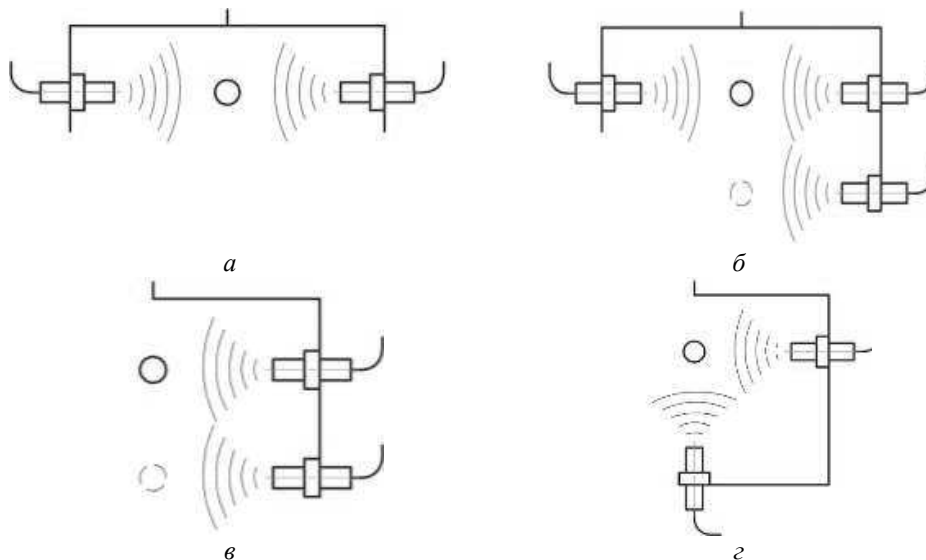


Рис. 4. Схемы размещения ультразвуковых датчиков с поперечно-симметричным (а), поперечно-несимметричным (б), поперечным односторонним (в), продольно-поперечным (з) расположением на роботизированной машине

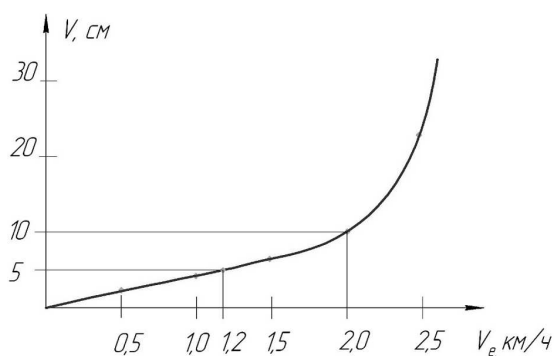


Рис. 5. Зависимость отклонения траектории движения роботизированной машины от ряда растений от скорости ее движения

ваться отклонение от прямолинейного движения, что может повлечь за собой нарушение защитной зоны и повреждения саженца.

Для определения допустимой скорости движения машины, исходя из изложенных выше доводов, были проведены экспериментальные исследования отклонения траектории движения агрегата в зависимости от скорости его движения.

Графическая интерпретация зависимости приведена на рис. 5.

Исследования показали, что с ростом скорости увеличивается отклонение от прямолинейного движения роботизированной машины, что связано с запаздыванием реакции механизатора на управляющие сигналы системы автоматической ориентации рабочего органа, выводящей информацию на контрольную панель.

При этом отклонение траектории в 5 см может быть обеспечено при скорости движения не более 1,2 км/ч, а отклонение в 10 см – при скорости движения не более 2,0 км/ч.

Экспериментальные исследования по определению полноты срезания сорной растительности в зависимости от скорости движения роботизированной машины проводили с целью определения

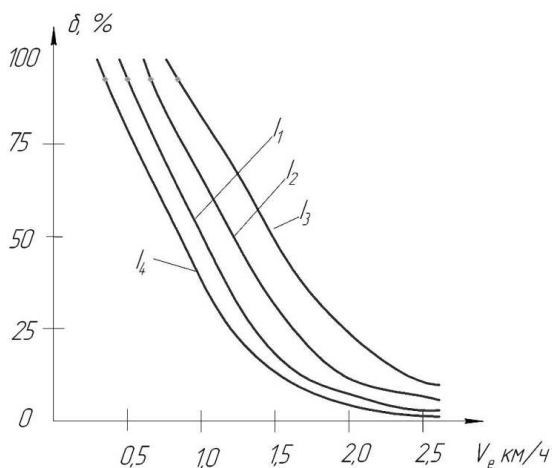


Рис. 6. Зависимость полноты срезания сорной растительности от скорости движения роботизированной машины

следования процесса рыхления почвы и уничтожения сорной растительности в междурядьях, междустоловой и околоштамбовой зоне посадочного материала плодовых и ягодных культур макетным образцом роботизированной машины для пропалывания междурядий питомников и ягодников в лабораторных и полевых условиях в 2020 г.

Как ранее было установлено, для предотвращения повреждения насаждений при пропалывании необходимо оставлять защитную зону вокруг ствола саженца, равную 0,05–0,10 м. Для обеспечения этого необходимо, чтобы механизатор вел трактор в соответствии с указаниями САО. Однако с ростом скорости движения агрегата будет увеличиваться

отклонение от прямолинейного движения, что может повлечь за собой нарушение защитной зоны и повреждения саженца. Исследования показали, что с ростом скорости увеличивается отклонение от прямолинейного движения роботизированной машины, что связано с запаздыванием реакции механизатора на управляющие сигналы системы автоматической ориентации рабочего органа, выводящей информацию на контрольную панель.

Исследования проводили с целью определения агротехнически допустимой скорости движения, при которой обеспечивается полное срезание сорняков (не менее 95 %).

Исследования проводили при скорости движения 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 км/ч. Результаты исследований показаны на рис. 6, который отображает графическую интерпретацию зависимости, где i_1, i_2, i_3, i_4 – программируемое время срабатывания электромагнитного клапана гидрораспределителя, принимаемое 0,1; 0,2; 0,4; 0,6 с соответственно.

Из графика видно, что наибольшая скорость движения роботизированной машины при уничтожении сорной растительности в междустоловой и околоштамбовой зоне посадочного материала не менее 95 % может быть достигнута при скорости движения 0,9 км/ч и величине задержки срабатывания клапана, равной 0,4 с.

Выводы

В результате проведенных экспериментальных исследований макетного образца роботизированной машины для пропалывания междурядий и рядов питомников и ягодников установлено следующее.

1. Продольно-поперечная схема расположения ультразвуковых датчиков на роботизированной машине обеспечивает наибольшую точность определения расстояния до насаждений – не менее 98,2 %.

2. Величина защитной зоны насаждений, равная 5 см, достигается при скорости не более 2 км/ч.

3. Чистота пропалывания (в зависимости от засоренности) межстволовой и околоштамбовой зоны посадочного материала составляет не менее 95 % при скорости движения роботизированной машины не более 0,9 км/ч и величине времени срабатывания электромагнитного клапана гидрораспределителя, равной 0,4 с.

Список использованных источников

1. Измайлов, А. Ю. Актуальность разработки перспективной системы машин и технологий для производства основных видов сельскохозяйственной продукции в Российской Федерации и Республике Беларусь / А. Ю. Измайлов, Я. П. Лобачевский // Интеллектуальные машинные технологии и техника для реализации Государственной программы развития сельского хозяйства : сб. науч. докл. Междунар. науч.-техн. конф. – М. : ВИМ, 2015. – С. 10–14.

2. Колесников, В. А. Уничтожение корнеотпрысковых сорняков / В. А. Колесников, М. А. Федосенков // Защита растений. – 1983. – № 12. – С. 20–21.

3. Лукашевич, М. А. Механизация работ в виноградарстве и садоводстве / М. А. Лукашевич // Труды НИИВиВ НПО «Виэрул», «Картя молдовеняскэ». – 1979. – С. 82–90.

4. Попов, Г. Ф. Рабочий орган фрезерного культиватора : авт. св-во № 143253 / Г. Ф. Попов // Открытия, изобретения : бюл. – 1961. – № 23.

5. Graf, B. Flexible Path Planning for Nonholonomic Mobile Robots / B. Graf, J. M. Hostalet Wandosell // Proc. of the fourth European workshop on advanced mobile robots (EUROBOT'01). – Lund (Sweden), 2001. – P. 199–206.