



(51) МПК
A01M 7/00 (2006.01)
B62D 49/06 (2006.01)
B60R 1/00 (2006.01)
G06N 3/04 (2006.01)
G06V 10/25 (2022.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

A01M 7/0042 (2023.08); *A01M 7/0082* (2023.08); *A01M 7/0089* (2023.08); *B62D 49/0614* (2023.08); *B60R 1/00* (2023.08); *G06N 3/0464* (2023.08); *G06V 10/25* (2023.08); *G06T 2207/20084* (2023.08); *B60R 2300/00* (2023.08)

(21)(22) Заявка: **2023127353**, 29.12.2022

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
29.12.2022

Дата регистрации:
02.05.2024

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: **29.12.2022**

(45) Опубликовано: **02.05.2024** Бюл. № 13

Адрес для переписки:
119234, Москва, Ломоносовский пр-кт, 27, стр. 1, МГУ имени М.В. Ломоносова, Фонд "Национальное интеллектуальное развитие"

(72) Автор(ы):

Сеитов Санат Каиргалиевич (KZ)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова" (МГУ) (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **Hussain, N. (2020) "Development of a Smart Variable Rate Sprayer using Deep Convolutional Neural Networks for Site-specific Application of Agrochemicals". Charlottetown, PE: University of Prince Edward Island, [найдено в Интернет 30.03.2023]: (см. прод.)**

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО ВНЕСЕНИЯ ФУНГИЦИДОВ И БИОПРЕПАРАТОВ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ КУЛЬТУРЫ

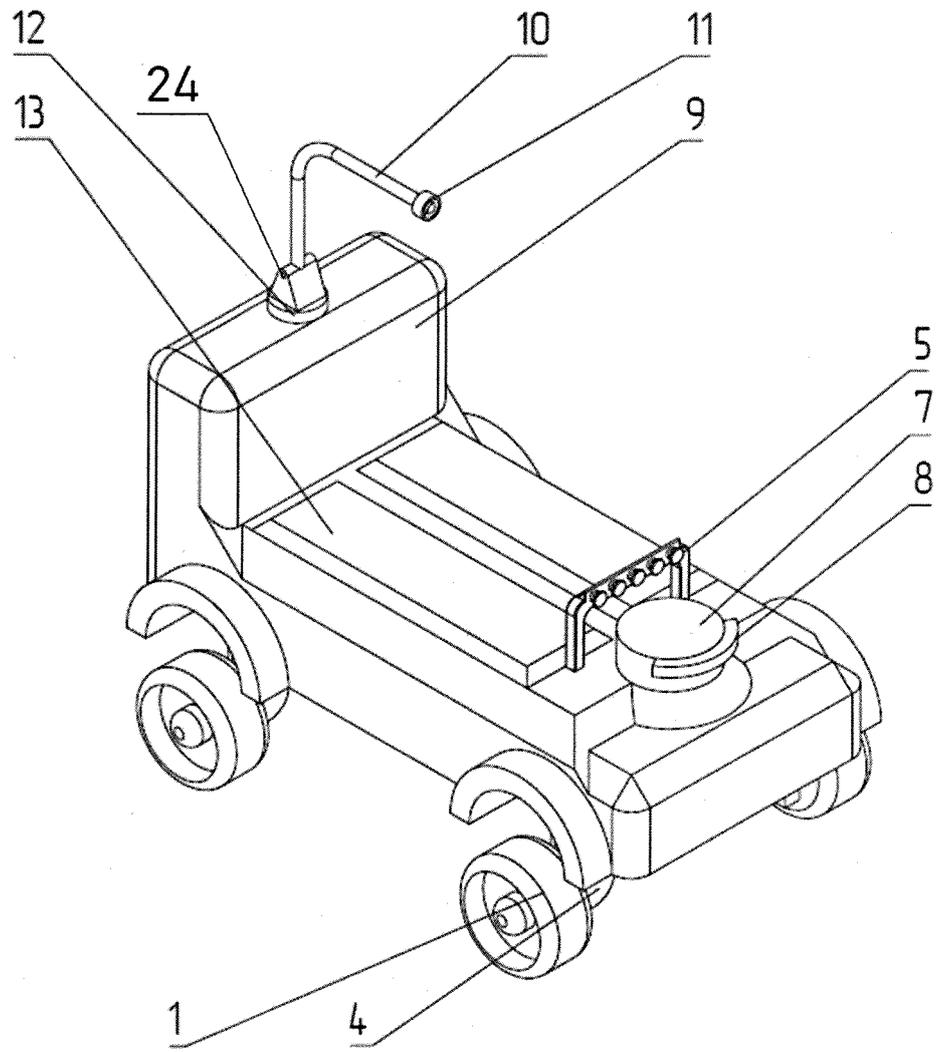
(57) Реферат:

Полезная модель относится к сельскохозяйственному машиностроению, в частности к автоматизированным устройствам для выборочного внесения фунгицидов и биопрепаратов в сельскохозяйственные культуры, на основе технологий дифференцированного внесения препаратов, которые позволяют оптимизировать применение средств защиты растений, рассчитанные по специальным алгоритмам и методикам. Технический результат, достигаемый при использовании заявляемой полезной модели, заключается в снижении расхода препаратов с повышением точности их внесения и, как следствие, качества обработки культур. Заявленный технический результат достигается тем, что устройство для внесения

фунгицидов и биопрепаратов в сельскохозяйственные культуры, включающее корпус, установленный на раме, снабженной колесами с электромоторами, блок управления, источник питания и блок опрыскивания, включает линейные актуаторы, установленные в нижней части корпуса над мотор-колесами, и снабжено средством распознавания очагов поражения сельскохозяйственных культур, выполненным в виде HD-камеры, подключенной к блоку управления, который представляет собой бортовой компьютер, обеспечивающий распознавание и классификацию изображений с HD-камеры с помощью предустановленной сверточной нейронной сети. 7 з.п. ф-лы, 6 ил.

RU 225653 U1

RU 225653 U1



Фиг. 1

(56) (продолжение):
https://islandscholar.ca/islandora/object/ir%3A23560?solr_nav%5Bid%5D=3357571e2956fe79ed84&solr_nav%5Bpage%5D=0&solr_nav%5Boffset%5D=1, опубл.19.04.2021, см. <https://islandscholar.ca/islandora/object/ir:23560/datastream/PDF/download/citation.pdf>, стр.ii abstract, стр.66-69, 87; фиг.4.1. US 8424881 B2, 23.04.2013. US 6553299 B1, 22.04.2003. GB 1049753 A, 30.11.1966. US 4938242 A, 03.07.1990. CN 105941377 A, 21.09.2016. GB 1207676 A, 07.10.1970. KR 102093665 B1, 27.03.2020. CN 108541683 A, 18.09.2018. CN 114916336 A, 19.08.2022.

Область техники, к которой относится полезная модель

Полезная модель относится к сельскохозяйственному машиностроению, в частности, к автоматизированным устройствам для выборочного внесения фунгицидов и биопрепаратов в сельскохозяйственные культуры, на основе технологий дифференцированного внесения препаратов, которые позволяют оптимизировать применение средств защиты растений, рассчитанные по специальным алгоритмам и методикам. Дозы фунгицидов и биопрепаратов вносятся на конкретный участок поля с учетом пораженности участков поля заболеваниями.

Уровень техники

Из уровня техники известны отдельные источники, раскрывающие конструкции роботизированных средств обработки растений. Известные решения, в основном, обеспечивают опрыскивание кустов целиком, в отличие от заявляемого устройства, обеспечивающего локальное, дифференцированное опрыскивание на основе результатов диагностики кустов.

Традиционно, то есть без применения технологий дифференцированного внесения, фунгициды и биопрепараты вносят в ограниченных объемах, в основном, в объеме урезанных стартовых (постоянных) доз. В итоге величина урожая определяется преимущественно погодными условиями и естественным плодородием почв и слабо зависит (или не зависит совсем) от распределения препаратов внутри конкретного поля. То же относится и к внесению других видов средств защиты растений: в случае дифференцированного внесения их вносят локально (в очаги поражения) переменными нормами, а не распределяют равномерно низкими/высокими дозами.

Важным аргументом для применения именно дифференцированного внесения фунгицидов и биопрепаратов также является их высокая (и постоянно растущая) стоимость и соответственно высокая удельная величина в структуре затрат сельскохозяйственных предприятий, которая доходит до 20% и более.

Другими словами, дифференцированное внесение фунгицидов и биопрепаратов позволяет обеспечить предприятиям агропромышленного комплекса более эффективное их использование, повысить урожайность выращиваемых культур.

Из публикации [Sammons P.J., Furukawa T., Bulgin A. Autonomous pesticide spraying robot for use in a greenhouse // In Proceedings of the 2005 Australasian Conference on Robotics and Automation, Sydney, Australia, 5-7 December 2005. - Pp. 1-9] известен робот для опрыскивания томата пестицидами в теплицах. Он передвигается по отопительным трубам на нейлоновых колесах, способных выдерживать высокую температуру труб (80-90°C) и нагрузку. Индукционный сенсор, имеющий связь с микроконтроллером, отслеживает, едет ли робот по отопительным трубам, словно по «рельсам», и не отклоняется ли от них. По ходу движения робот осуществляет селективное опрыскивание растений томата. Микропроцессор считывает информацию и управляет движениями робота и системой опрыскивания. Система опрыскивания состоит из резервуара для хранения пестицидов, насоса и четырех клапанов, направляющих струи рабочего раствора на растения. Клапаны управляются электронными компонентами, встроенными в микропроцессор, принимающий входные сигналы от датчиков на нижней части робота. Когда робот проходит над отражающими маркерами, размещенными на земле, насос включается и отключается, выполняя выборочное опрыскивание тепличных растений. Дополнительный клапан используется для рециркуляции жидкости из клапанного коллектора обратно в резервуар, что позволяет постоянно смешивать пестициды в резервуаре. Модуль ЖК-дисплея/клавиатуры показывает пользователю информацию о состоянии робота и позволяет управлять роботом в режиме реального

времени.

Недостаток данного решения выражается в ограниченности его применения из-за возможности перемещения только по «рельсам» в виде отопительных труб. Такое устройство становится непригодным для использования в теплицах без таких труб и на полях. Растения, которые должны быть обработаны пестицидами, необходимо предварительно пометать, что затрудняет процесс обработки. Кроме того, конструкция устройства не предусматривает наличия аналитического блока принятия решения, требуют ли определенные растения опрыскивания или нет.

Из публикации [Singh S., Burks T.F., Lee W.S. Autonomous robotic vehicle development for greenhouse spraying // Trans. Am. Soc. Agric. Eng. - 2005. - Vol. 48. - Pp. 2355-2361. DOI: 10.13031/2013.20074] известно устройство для опрыскивания в теплицах пестицидами не только в дневное, но и в ночное время. Ультразвуковые датчики отслеживают ряд, по которому должен ехать робот в теплице. В отличие от предыдущего аналога, данный робот передвигается на шести колесах, что делает его более универсальным.

Однако колесная платформа робота чувствительна к поверхности, по которой он должен двигаться, что снижает эффективность его эксплуатации в полях и на неровных покрытиях.

Из публикации [Oberti R., Marchi M.N., Tirelli P., Calcante A., Iriti M., Tona E., Nocevar M., Baur J., Pfaff J., Schutz C., Ulbrich H. Selective spraying of grapevines for disease control using a modular agricultural robot // Biosystems Engineering. - 2016. - Vol. 146. - Pp. 203-215. DOI: 10.1016/J.BIOSYSTEMSENG.2015.12.004] известен робот для борьбы с заболеваниями винограда. Мультиспектральная камера выявляет признаки заболеваний, а манипулятор, направляя опрыскиватель к виноградным лозам, обрабатывает их фунгицидами. Определение признаков болезней по изображениям растений базируется на двух подходах. Первый подход апеллирует к двум спектральным индексам, вычисляемым на уровне пикселей. Вторым подходом основан на определении относительных вариаций (локальных градиентов) интенсивности уровня серого в красном цветовом канале. Различие между зараженной и здоровой областями растений выясняется на основе двух спектральных индексов для каждого пикселя. Опрыскиватель с манипулятором состоит из генератора воздушного потока, воздуховода, сопла для пестицидов с устройством для предотвращения протекания, электрического разъема для питания и сигналов управления. Основная задача состоит в селективной обработке винограда пестицидами. В процессе работы рабочий орган должен быть подключен к насосу, резервуару для приготовления пестицидов, размещенному снизу манипулятора.

Недостаток данного устройства заключается в использовании спектральных индексов для определения признаков болезней, что может давать менее точные результаты при ухудшении условий освещенности в течение дня.

Известен патент на полезную модель «Беспилотный робот для опрыскивания сельскохозяйственных культур», авторы: Лукьянов В.В., Азнагулов А.И., Байназаров В.Г., Камалов Т.И., заявка: 2020130179, дата подачи заявки: 14.09.2020, опубликовано: 07.07.2021. Устройство содержит раму с управляемыми колесами, контрольно-измерительными приборами для управления и навигации, аккумулятором и боковым модулем для дифференцированного внесения гербицидов, при этом каждое колесо снабжено электроприводом, а рама выполнена двухсекционной шарнирно-сочлененной с электроприводами всех независимо управляемых колес с возможностью излома в горизонтальной и вертикальной поверхностях.

Недостатком известной конструкции является отсутствие опознавательных признаков, из-за чего человек может не увидеть устройство в темное время суток, а также отсутствие

возможности дезинфекции корпуса устройства, что несет угрозу распространения по полю грибов, бактерий, вирусов. Кроме того, устройство не имеет системы охлаждения для резервуара с препаратом, в результате чего в жаркую погоду возможно снижение эффективности препарата.

5 Известен патент на изобретение «Роботизированный гусеничный опрыскиватель для обработки сельскохозяйственных культур», авторы: Измайлов А.Ю., Годжаев З.А., Федоткин Р.С., Крючков В.А., Гришин А.А., Овчаренко А.С., Кузьмин В.А., заявка: 2019109129, дата подачи заявки: 28.03.2019, опубликовано: 30.09.2019. Устройство
10 включает систему опрыскивания с емкостью для рабочего раствора, трубопроводами, арматурой, штангой и узлами форсунок, смонтированную на шасси, содержащем раму, ходовую систему и привод, энергетическую установку и систему управления, при этом рама выполнена порталной с увеличенным агротехническим просветом с
15 возможностью изменения колеи путем перемещения модулей ходовой системы в поперечном направлении параллельно опорной поверхности, и рама снабжена, по крайней мере, двумя направляющими, размещенными по бортам, а модули ходовой
20 системы выполнены гусеничными с независимым электрическим или гидравлическим приводом на каждое ведущее колесо, с упругой подвеской и возможностью установки гусениц различной ширины.

Недостаток этого устройства заключается в отсутствии предварительной диагностики
25 растений, что влечет необходимость сплошной обработки поля, сопровождающейся высоким расходом препаратов.

Наиболее близким по технической сущности к заявляемой полезной модели является самоходный робот-опрыскиватель для обработки земляники и других низкорастущих культур, раскрытый в патенте РФ на изобретение №2592904. Известное устройство
25 включает раму, управляемые колеса, по крайней мере, два из которых снабжены электромоторами, систему управления и навигации с контрольно-измерительными приборами, систему питания, систему опрыскивания, содержащую емкость для рабочего раствора и штанги, при этом штанга снабжена универсальными датчиками высоты и
30 наличия растений, а также электрическим цилиндром, выполненным с возможностью регулировки высоты расположения штанги в зависимости от высоты культурных растений, и четырьмя распыливающими узлами, при этом каждый узел выполнен в виде трех форсунок, размещенных в защитном кожухе. Данная конструкция получила развитие в патенте РФ на полезную модель №156677, где предусмотрена система
35 автоматической корректировки высоты штанги в зависимости от высоты культурных растений.

Недостаток данной конструкции - отсутствие опознавательных элементов, из-за чего устройство может быть слабо различимо на поле в темное время суток. Кроме того, устройство не оснащено системой охлаждения для резервуара с препаратом, в результате чего в жаркую погоду возможно ухудшение качества препарата. Отсутствие линейных
40 актуаторов может влечь за собой недостаточную стабилизацию корпуса при движении по неровному или кочковатому полю. В результате камера устройства будет трястись, и качество фотографий растений может ухудшиться, что негативно будет влиять на точность распознавания болезней растений.

В целом, недостатки аналогов заключаются в том числе в невысокой точности
45 диагностики болезней растений в связи с несовершенной системой машинного зрения устройств и тряской камеры - приемника фотоснимков растений - из-за недостаточной стабилизации корпуса; в отсутствии возможности обеззараживания корпуса; отсутствии опознавательных элементов в темное время суток; проблеме неоднородности состава

рабочего раствора биопрепарата или фунгицида; проблеме ухудшения рабочих свойств биопрепарата или фунгицида в жаркую погоду.

Таким образом, техническая проблема, решаемая посредством заявляемой полезной модели, заключается в необходимости преодоления недостатков, присущих аналогам и прототипу, за счет создания устройства, обеспечивающего возможность
5 высокоточного распознавания болезней растений и дозированного внесения фунгицидов и биопрепаратов, в том числе на картофельных полях.

Важнейшей для обеспечения возможности дифференцированного внесения фунгицидов и биопрепаратов является технология навигации и точного позиционирования
10 сельскохозяйственной техники в поле по спутниковым сигналам ГЛОНАСС - поскольку при дифференцированном внесении применяемая доза рассчитывается применительно именно к данной точке на поле.

Краткое раскрытие полезной модели

Технический результат, достигаемый при использовании заявляемой полезной модели,
15 заключается в снижении расхода препаратов с повышением точности их внесения и, как следствие, качества обработки культур.

Устройство характеризуется также такими техническими преимуществами, как:

- 1) высокая точность диагностики заболеваний растений за счет сверточной нейронной сети и HD-камеры;
- 20 2) снижение риска распространения заболеваний растений на поле за счет функции автоматической дезинфекционной обработки корпуса дезинфекционным раствором после прохода каждого междурядья на поле;
- 3) поддержание равномерной концентрации действующего вещества в составе рабочего раствора за счет использования ложки для автоматического размешивания
25 рабочего раствора внутри резервуара;
- 4) сохранение рабочих свойств биопрепарата в жаркую погоду (при температуре воздуха свыше +30°C) за счет охлаждения резервуара хладагентом (сухим льдом);
- 5) наличие опознавательных элементов устройства на поле в темное время суток за счет LED-подсветки.

Заявленный технический результат достигается тем, что устройство для внесения
30 фунгицидов и биопрепаратов в сельскохозяйственные культуры, включающее корпус, установленный на раме, снабженный колесами с электромоторами, блок управления, источник питания и блок опрыскивания, включает линейные актуаторы, установленные в нижней части корпуса над мотор-колесами, и снабжено средством распознавания
35 очагов поражения сельскохозяйственных культур, выполненным в виде HD-камеры, подключенной к блоку управления, который представляет собой бортовой компьютер, обеспечивающий распознавание и классификацию изображений с HD-камеры с помощью предустановленной сверточной нейронной сети. В качестве источника питания используют аккумулятор и солнечную панель, расположенную на внешней стороне
40 корпуса устройства и подключенную к блоку управления и аккумулятору. Блок опрыскивания представляет собой резервуар для препаратов, расположенный в задней части корпуса, соединенный со шлангом подачи, снабженным распыляющими форсунками с изменяемым диаметром, при этом шланг закреплен к подвижному креплению, установленному на резервуаре. Устройство может быть оснащено
45 ГЛОНАСС-трекером и снабжено блоком автоматической дезинфекционной обработки корпуса дезинфекционным раствором после прохода каждого междурядья на поле, включающим отсек для хранения дезинфекционного раствора с подсоединенным к нему шлангом. Резервуар блока опрыскивания может быть снабжен ложкой для

автоматического размешивания рабочего раствора с фунгицидом и/или биопрепаратом внутри резервуара. Стенки резервуара блока опрыскивания выполнены с возможностью размещения хладагента. Устройство может быть оснащено LED-подсветкой.

Краткое описание чертежей

- 5 Полезная модель поясняется чертежами, где
на фиг. 1 представлен общий вид заявляемого устройства,
на фиг. 2 - вид на устройство сбоку справа,
на фиг. 3 - вид на устройство спереди,
на фиг. 4 - внутренний вид сбоку слева,
10 на фиг. 5 - вид на устройство сверху,
на фиг. 6 - представлен общий вид устройства с демонстрацией внутренних
компонентов.

Позициями на фигурах обозначены:

- 1 - мотор-колесо;
15 2 - поворотная стойка;
3 - поворотный столик;
4 - крепление поворотного столика;
5 - HD-камера для анализа местности;
6 - линейный актуатор, регулирующий клиренс устройства;
20 7 - лидар;
8 - навигационное устройство на базе ГЛОНАСС;
9 - резервуар для хранения фунгицида и/или биопрепарата;
10 - шланг для подачи фунгицида и/или биопрепарата;
11 - форсунка для разбрызгивания фунгицида и/или биопрепарата;
25 12 - подвижное крепление для шланга;
13 - солнечная панель;
14 - звуковой сигнализатор Lost Alarm для оповещения пользователя в случае пропажи
устройства из поля видимости;
15 - рама;
30 16 - гироскоп;
17 - акселерометр;
18 - магнитометр;
19 - аккумулятор;
20 - крепление для бортового компьютера;
35 21 - бортовой компьютер;
22 - радиомодуль LoRaWAN;
23 - LED-подсветка;
24 - шланг для дезинфекционного раствора. Осуществление полезной модели

- 40 Заявляемое устройство предназначено для опрыскивания кустовых
сельскохозяйственных культур, в том числе, картофеля, жидкими растворами фунгицидов
и биопрепаратов с предварительным определением необходимого объема вносимого
препарата.

- Устройство для обеспечения мобильности выполнено на основе платформы,
смонтированной с возможностью перемещения. Платформа включает корпус (позиция
45 не показана), установленный на раме 15, которая выполнена из прочного алюминиевого
сплава и несет на себе нагрузку компонентов устройства. По боковым сторонам рамы
на поворотных столиках 3 закреплены мотор-колеса 1, обеспечивающие перемещение
заявляемого устройства и соединенные с поворотными стойками 2. Угол поворота

мотор-колес регулируется поворотными стойками 2 и поворотными столиками 3, установленными на креплениях 4. Устройство может быть выполнено в двух вариантах - с четырьмя или шестью колесами. Добавление двух дополнительных колес к четырем имеющимся может быть необходимо при эксплуатации на нарушенных почвах, с признаками переуплотнения. В случае необходимости два срединных колеса могут быть выполнены съемными.

Высота корпуса устройства над поверхностью грунта регулируется с помощью четырех линейных актуаторов 6. Их наличие позволяет заявляемому устройству преодолевать бугры, холмы и неровности рельефа без риска опрокидывания и/или пробуксовывания. Проходимость устройства достаточна для преодоления бугров высотой до 30 см. Устройство может быть снабжено датчиками касания (не показаны), чтобы заблаговременно предотвращать столкновение устройства с опасным барьером, тем самым защищая устройство от повреждения.

Устройство оснащено шлангом для опрыскивания растений 10, закрепленным на задней части корпуса и соединенным с резервуаром 9 для хранения вносимых препаратов. Емкость резервуара 9 опытного образца устройства составляет 5 л, но может быть заменена на более вместительный. Фунгициды и/или биопрепараты хранятся в резервуаре 9. От верхней части резервуара 9 отходит шланг 10 для подачи фунгицидов и биопрепаратов, которые разбрызгиваются через форсунку 11. Форсунка 11 снабжена клапаном, регулирующим диаметр ее раскрытия - в зависимости от обработки здоровых или зараженных участков поля. При проезде устройства вдоль зараженных растений клапан раскрывает диаметр форсунки на максимальное значение; при проезде вдоль незараженных участков поля - клапан раскрывает диаметр форсунки на 50% от максимального значения. Шланг 10 может менять расположение и углы наклона посредством подвижного крепления 12. Компрессор, расположенный в задней части корпуса устройства, под рабочим давлением 5 бар нагнетает сжатый воздух по направлению к форсункам, при помощи чего происходит мелкодисперсное разбрызгивание фунгицидов и/или биопрепаратов. Обеспечиваемый тем самым малый размер капель раствора повышает степень покрытия листьев растений фунгицидами и биопрепаратами. Форсунки разбивают 1 см³ жидкости на 700 тыс. капель.

Заявляемое устройство имеет функцию автоматической дезинфекционной обработки посредством возможности полива себя дезинфекционным раствором после прохода каждого междурядья на поле. Для ее реализации внутри резервуара 9 предусмотрен отдельный отсек для хранения дезинфекционного раствора. К нему подведен шланг 24, через который подается дезинфекционный раствор (например, на основе перекиси водорода), омывающий корпус устройства. У основания шланга размещен водяной насос (не показан), нагнетающий дезинфекционный раствор из резервуара в шланг. На кончике шланга также установлена форсунка (не показана), из которой разбрызгивается дезинфекционный раствор.

В резервуаре 9 под верхней крышкой расположена ложка (не показана) для автоматического размешивания рабочего раствора с фунгицидом и/или биопрепаратом. Ложка закреплена на поворотном столике, с помощью которого она вращается, перемешивая тем самым раствор с фунгицидом и/или биопрепаратом. За счет вращательных движений ложки обеспечивается равномерная концентрация фунгицида и/или биопрепарата в рабочем растворе резервуара, что важно для эффективной защиты сельскохозяйственных культур от болезней по всей площади поля. При отсутствии функции размешивания рабочего раствора, сгустки смеси могут переходить и оставаться на дне резервуара, тогда как на верхнем уровне концентрация действующего вещества

может быть ниже. Соответственно участки поля могут быть обработаны рабочим раствором с разной концентрацией действующего вещества. Это может приводить к развитию заболеваний на участках поля, обработанных рабочим раствором с низкой концентрацией действующего вещества. Активация функции перемешивания происходит посредством подачи сигнала от бортового компьютера, например, через равные, заранее заданные временные промежутки.

В стенки резервуара для хранения фунгицида и/или биопрепарата может быть заложен хладагент (сухой лед), способствующий сохранению рабочих свойств фунгицида и/или биопрепарата в жаркую погоду.

Устройство снабжено LED-подсветкой, которая, получая сигнал от бортового компьютера 21, начинает светиться цветом, отличным от окраски растений, выделяя устройство на их фоне. Подсветка устройства делает его видимым на поле для агронома в темное время суток. Цвет подсветки LED-габаритов может задаваться человеком в зависимости от преобладающей окраски растений.

Для обеспечения дополнительного энергоснабжения устройства используется солнечная панель 13, которая питает аккумулятор 19.

Устройство снабжено HD-камерой 5, размещенной на в передней части корпуса и лидаром 7, выполняющей функцию анализа местности, растений и ориентации в пространстве. Гироскоп 16, акселерометр 17 и магнитометр 18 выполняют функцию отслеживания местоположения устройства на поле в режиме реального времени.

Устройство ориентируется в пространстве с помощью навигационного устройства ГЛОНАСС 8. Устройство оснащено ГЛОНАСС-трекером, с помощью которого можно найти устройство в случае аварии и потери связи с ним. ГЛОНАСС-трекер через SMS передает информацию о своем местонахождении. ГЛОНАСС-трекер позволяет определить, куда уехало устройство, получая его последние координаты.

Также устройство оснащено звуковым сигнализатором Lost Alarm 14, подающим сигнал в случае внештатной ситуации при дистанционной активации его пользователем.

Работа устройства регулируется бортовым компьютером 21, размещенным на креплении 20. Бортовой компьютер 21 является главным управляющим устройством для управления всеми рабочими узлами устройства. Бортовой компьютер 21, работающий на фреймворке Robot Operating System (ROS), имеет графический процессор со сверточной нейронной сетью, необходимой для анализа фотографий растений.

Фреймворк ROS функционирует в связке с библиотекой алгоритмов компьютерного зрения, обработки изображений и численных алгоритмов Open CV. По последовательному интерфейсу к компьютеру подсоединены три микроконтроллера STM32. Фреймворк ROS выбран в силу наличия встроенных функций, необходимых для управления устройством: работы с гироскопом 16, акселерометром 17 и магнитометром 18, с драйверами и одометрией; для построения маршрута, метода построения карт SLAM (simultaneous localization and mapping - одновременная локализация и построение карты), простого и расширенного фильтра Калмана, объезда препятствий на пути и т.п.

Система управляющей электроники устройства основана на следующих компонентах:

1) внутри бортового компьютера установлена вычислительная плата Nvidia Jetson, на высоком уровне распознающая 3D-объекты в ходе движения устройства. В паре с графическим процессором GPU (graphics processing unit) плата обрабатывает до 40 кадров в секунду;

2) лидар 7, используемый для измерения расстояний при перемещениях устройства. Лидар способен распознавать объекты на большой дальности - до 100 м. Имеет

множество алгоритмов для вычисления координат. Обеспечивает до 1000 измерений в секунду. Если какое-либо препятствие попадает в поле зрения радиодальномера устройства на расстоянии 1 м, то он подает команду на экстренную остановку устройства;

5 3) местоположение устройства отслеживается при помощи акселерометра, гироскопа и магнитометра. Устройство ориентируется на поле с помощью высокоточной ГЛОНАСС-навигации, с применением фазовых измерений RTK от базовой станции. Эта система обеспечивает точность позиционирования устройства до 5 см.

10 Фильтр Калмана в сверточной нейронной сети позволяет получать высокоточные координаты в локальной системе координат, принимая на вход разные виды данных: по одометрии, данные гироскопа с акселерометром, ГЛОНАСС-координаты. На выходе фильтр Калмана выдает координаты в локальной системе координат.

15 Устройство может функционировать как в автономном режиме, так и под управлением оператора в реальном времени.

Силовая часть устройства представлена:

1) четырьмя бесколлекторными электродвигателями постоянного тока (BLDC-моторами, Brushless DC electric motors), выбранными благодаря их доступности, простоте подключения и установки, благодаря стойкости к воде. Мощность одного такого 20 мотора - 250 Вт;

2) литий-ионным аккумулятором с параметрами 36 В; 2200 Вт*ч; 20 А*ч; 12S. Выдает тока на 88 А. Запаса заряда хватает на 50 км хода;

3) VESC - контроллерами (электрическими регуляторами скорости Веддера, Vedder's electric speed controllers).

25 Заявляемое устройство работает следующим образом.

Для подготовки устройства к работе аккумулятор устройства заряжают, загружают в бортовой компьютер карту-задание с программным алгоритмом, где указаны расстояния, которые нужно проехать устройству вдоль междурядий на поле. Затем транспортируют устройство до края поля, активируют бортовой компьютер, и 30 устройство стартует.

1. Устройство проезжает над кустами картофеля (или вдоль них с заранее заданным поворотом HD-камеры), и сканирует их с помощью HD-камеры, и анализирует при помощи сверточной нейронной сети. Как только сверточная нейронная сеть обнаруживает очаг заболевания, то направляет фотографии с помощью GSM-модема 35 на бортовой компьютер. Изображения растений с HD-камеры устройства поступают в бортовой компьютер, где пропускаются через детектор, выясняющий наличие/отсутствие заболеваний картофеля. При наличии проблемных признаков классификатор идентифицирует конкретное заболевание. Бортовой компьютер и сверточная нейронная сеть обрабатывают полученные фотографии растений, когда алгоритм детектирует и 40 классифицирует листья растений. Указанный алгоритм был сужен до мультиклассового детектирования заболеваний на базе архитектуры YoloV4, обеспечивающей высокую точность и скорость обработки поступающих данных. Традиционные нейронные сети используют систему «бегающего окна», тогда как YoloV4 - систему «скользящего окна». Архитектура YoloV4, разбивая фотографии на условные квадратные блоки, 45 предсказывает вероятность нахождения того или иного объекта (листьев растений) для каждого блока по заданным признакам, что экономит время обработки изображений растений.

2. Пользователь устройства получает от сервера информацию о местонахождении

очага заболевания, например, в виде сообщения в чат-бот мессенджера.

3. Получив информацию о месторасположении конкретного очага заболевания, устройство может опрыскивать не все поле целиком, а лишь ту его часть, где проявляется заболевание. В результате достигается экономия на фунгицидах и биопрепаратах. В местах обнаружения зараженных растений бортовой компьютер подает команду на полное раскрытие клапаном диаметра форсунки, чтобы доза внесения фунгицидов и/или биопрепаратов стала максимальной. При проезде устройства по междурядью, вдоль которого не выявлено зараженных растений, клапан форсунки остается в полузакрытом положении, сокращая дозу внесения фунгицидов и/или биопрепаратов. За счет изменения диаметра форсунки достигается экономия рабочего раствора фунгицидов и/или биопрепаратов.

4. Опрыскивание происходит путем нагнетания водяным насосом рабочего раствора фунгицидов и/или биопрепаратов из резервуара в шланг, а из шланга - в форсунку, из которой под давлением разбрызгивается рабочий раствор. Для обеспечения дифференцированного внесения фунгицидов и/или биопрепаратов в сельскохозяйственные культуры сверточная нейронная сеть, детектировав зараженное растение, подает команду на бортовой компьютер, чтобы тот адресовал сигнал на открытие клапана в форсунке. Водяной насос непрерывно создает давление перед форсункой внутри шланга. После получения команды от бортового компьютера, клапан форсунки открывается, и из нее разбрызгивается рабочий раствор.

Высокоточная система навигации с точностью позиционирования до 5 см исключает пропуски и перекрытия на полях. Перекрытия означают для устройства потери заряда электроэнергии, потери времени, а пропуски выливаются в необработанные участки поля. Передача данных основана на интерфейсе UART [Ключев А.О., Пинкевич В.Ю., Шатунов А.Е., Ключев В.А. Стенд-конструктор SDK-1.1M. Организация и программирование микроконтроллеров. - СПб: Университет ИТМО, 2022. - С. 11-16], подходящем для открытых пространств. Для связи устройства с пользователем используют wi-fi модуль, 3G-модем, GSM-модем.

Для связи с устройством может быть применена беспроводная технология LoRaWAN, которая обеспечивает радиус действия до 40-50 км в сельской местности. Радиомодуль LoRaWAN 22 может быть установлен внутри корпуса на передней части крепления бортового компьютера. LoRaWAN - это сетевой протокол, который работает поверх LoRa [LoRa and LoRaWAN: A Technical Overview. Technical Paper Proprietary. February 11, 2020. 26 p. URL: https://lora-developers.semtech.com/uploads/documents/files/LoRa_and_LoRaWAN-A_Tech_Overview-Downloadable.pdf].

После прохождения устройством каждого междурядья бортовой компьютер активирует систему дезинфекции.

5. Датчик уровня жидкости в резервуаре подает сигнал о сниженном уровне на бортовой компьютер, который возвращает устройство в стартовую позицию или в конкретно обозначенное человеком место на краю поля. Резервуар заполняют рабочим раствором, в случае необходимости заряжают аккумулятор от электросети и продолжают обработку поля. Когда заряд аккумулятора заканчивается, устройство активирует LED-подсветку и подает звуковой сигнал от сигнализатора Lost Alarm, чтобы человек мог найти устройство и привезти его на базу для подзарядки.

(57) Формула полезной модели

1. Устройство для внесения фунгицидов и биопрепаратов в сельскохозяйственные культуры, включающее корпус, установленный на раме, снабженной колесами с

электромоторами, блок управления, источник питания и блок опрыскивания, отличающееся тем, что оно включает линейные актуаторы, установленные в нижней части корпуса над мотор-колесами, и снабжено средством распознавания очагов поражения сельскохозяйственных культур, выполненным в виде HD-камеры, подключенной к блоку управления, который представляет собой бортовой компьютер, обеспечивающий распознавание и классификацию изображений с HD-камеры с помощью предустановленной сверточной нейронной сети.

2. Устройство по п. 1, отличающееся тем, что в качестве источника питания используют аккумулятор и солнечную панель, расположенную на внешней стороне корпуса устройства и подключенную к блоку управления и аккумулятору.

3. Устройство по п. 1, отличающееся тем, что блок опрыскивания представляет собой резервуар для препаратов, расположенный в задней части корпуса, соединенный со шлангом подачи, снабженным распыляющими форсунками с изменяемым диаметром, при этом шланг закреплен к подвижному креплению, установленному на резервуаре.

4. Устройство по п. 1, отличающееся тем, что оно оснащено ГЛОНАСС-трекером.

5. Устройство по п. 1, отличающееся тем, что оно снабжено блоком автоматической дезинфекционной обработки корпуса дезинфекционным раствором после прохода каждого междурядья на поле, включающим отсек для хранения дезинфекционного раствора с подсоединенным к нему шлангом.

6. Устройство по п. 1, отличающееся тем, что резервуар блока опрыскивания снабжен ложкой для автоматического размешивания рабочего раствора с фунгицидом и/или биопрепаратом внутри резервуара.

7. Устройство по п. 1, отличающееся тем, что стенки резервуара блока опрыскивания выполнены с возможностью размещения хладагента.

8. Устройство по п. 1, отличающееся тем, что оно оснащено LED-подсветкой.

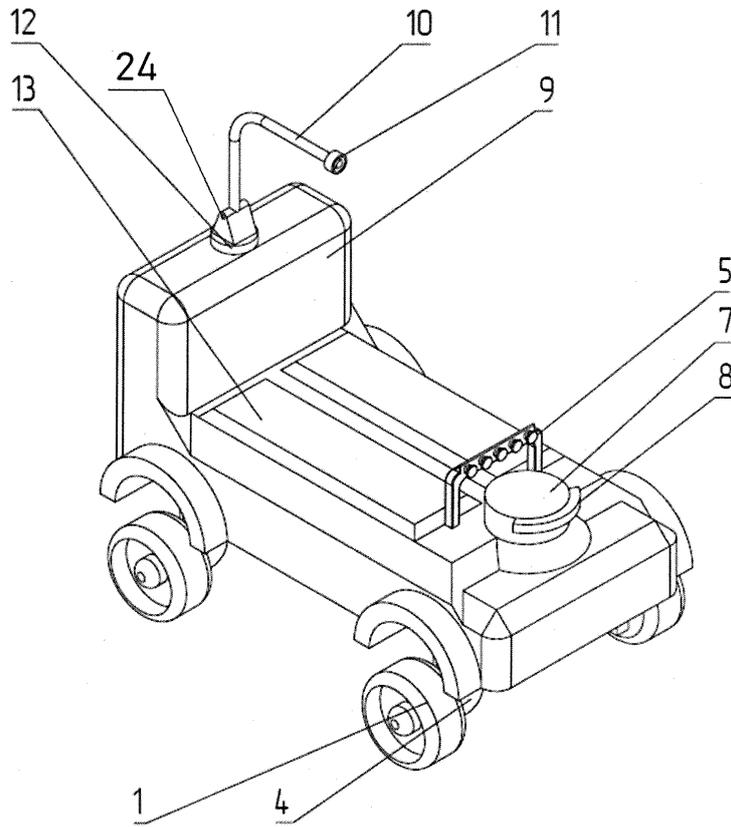
30

35

40

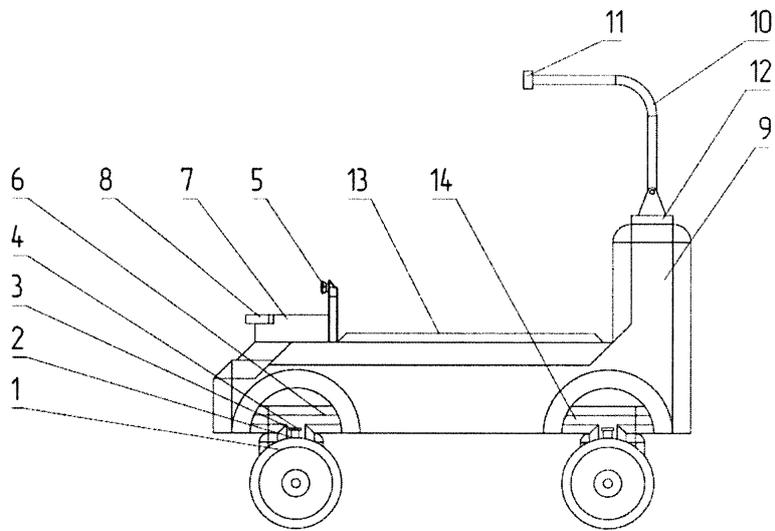
45

1

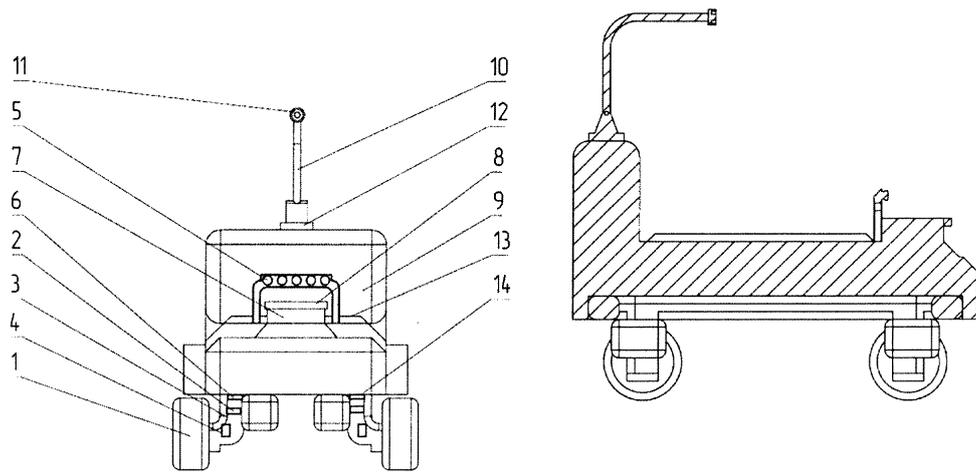


Фиг. 1

2

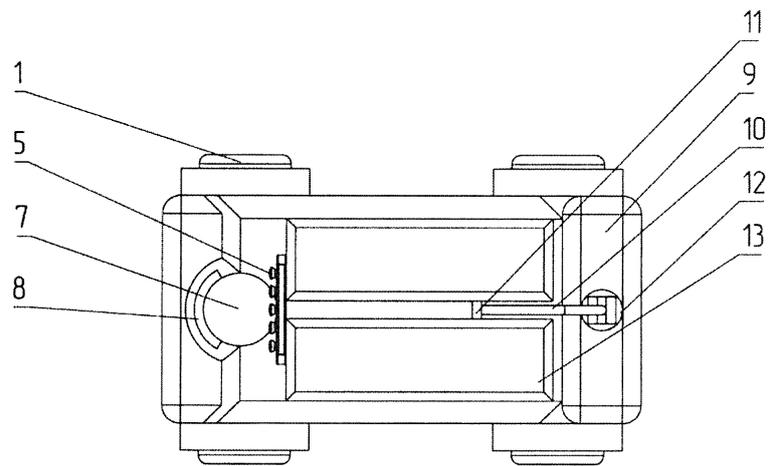


Фиг. 2

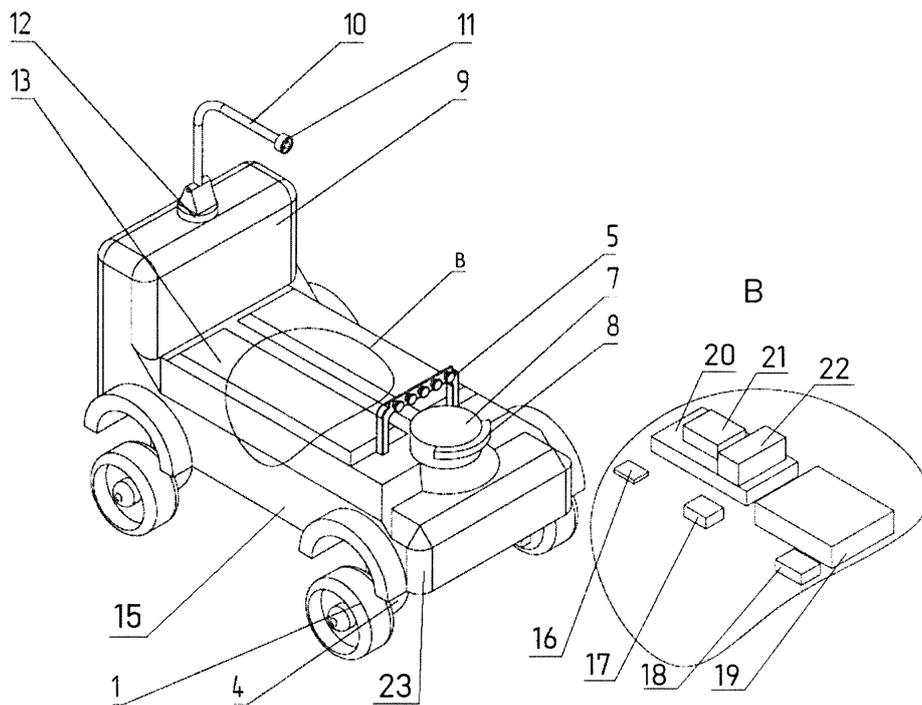


Фиг. 3

Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6