

ГЕРМЕТИЧНЫЙ МОБИЛЬНЫЙ РОБОТ ДЛЯ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ СЕЛЬХОЗУГОДИЙ

Мартынов В.В., Лукьянов Е.А.

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация. Рассмотрено использование мобильного робота оригинальной конструкции для решения задач мониторинга в сельском хозяйстве. Обтекаемая форма корпуса, отсутствие внешних движителей и антиадгезионное покрытие существенно снижают негативное влияние его загрязнения даже при работе в самых неблагоприятных условиях. Он имеет простую и надежную конструкцию, невысокую стоимость, прост в обслуживании. Две видеокамеры, расположенных в прозрачных защищенных полусферах по бокам робота, передают на удаленный пульт управления всю необходимую информацию. Использование предлагаемого герметичного робота позволит снизить затраты на мониторинг и обслуживание техники для мониторинга.

Ключевые слова: мобильный робот, роботизация сельского хозяйства, устойчивость к загрязнениям, удаленное управление, система технического зрения, контроль состояния сельхозугодий, удешевление мониторинга.

AIRTIGHT MOBILE ROBOT FOR MONITORING THE STATE OF AGRICULTURAL FIELDS

Martynov V.V., Lukyanov E.A.

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract. The use of a mobile robot of an original design for solving monitoring tasks in agriculture is considered. The streamlined body shape, the absence of external movers and anti-adhesive coating significantly reduce the possibility of contamination even when working in the most adverse conditions. It has a simple and reliable design, low cost, easy to maintain. Two video cameras located in transparent protected hemispheres on the sides of the robot transmit to the remote control all the necessary information. Using the proposed airtight robot will reduce the cost of acquiring and maintaining monitoring equipment.

Keywords. Mobile robot, agricultural robotics, pollution resistance, remote control, vision system, farmland monitoring, cheaper monitoring.

Актуальность настоящей работы обусловлена увеличением темпов сельскохозяйственной роботизации в России в том числе и во вспомогательных производствах таких, например, как мониторинг сельскохозяйственных угодий [1], а также необходимостью снижения трудозатрат и повышения экономической эффективности работы в сельском хозяйстве.

Сельскохозяйственной технике, в частности роботам, приходится функционировать в сложных условиях. На наружных поверхностях машин из-за специфики их работы, могут накапливаться практически все виды загрязнений [2, 3]. Мероприятия и конструкторские решения, направленные на снижение негативных последствий загрязнений на механизмы, не исключают это влияние полностью, что сказывается на надежности сельскохозяйственной техники. Устранение этих загрязнений также требует больших трудозатрат и поисков новых эффективных методов очистки сельскохозяйственной техники [4].

Целью работы является разработка мобильного робота, предназначенного для использования в сельском хозяйстве, в том числе для мониторинга сельскохозяйственных угодий, обладающего невысокой стоимостью, достаточными функциональными возможностями, защищенного от влияния загрязнений. На кафедре «Робототехника и мехатроника» Донского государственного технического университета разработан и изготовлен герметичный мобильный робот оригинальной конструкции, предназначенный для выполнения задач по визуальному контролю состояния почвы и растений удаленных участков полей. Все электронные и электромеханические узлы робота полностью изолированы от окружающей среды. Робот имеет простую обтекаемую форму корпуса с нанесенным антиадгезионным или гидрофобным покрытием. У него отсутствуют внешние движители (колеса, гусеницы, ноги и т. п.), поэтому он нечувствителен к различным видам загрязнений, может функционировать в неблагоприятных и даже опасных для человека условиях, перемещаться по твердой почве, жидкой грязи, снегу, песку, водным поверхностям. Другими преимуществами рассматриваемого

робота перед обычными колесными и гусеничными машинами являются небольшие размеры и масса, невысокое удельное давление на почву. Такой робот может использоваться как на открытых полях, так и в теплицах. Робот состоит из двух идентичных модулей, корпуса которых изготавливаются из прочного радиопрозрачного материала (рисунок 1), что необходимо для обеспечения связи с пунктом управления и обмена информацией между модулями.



Рисунок 1 – внешний вид герметичного мобильного робота

Конструкция приводов, обеспечивающих движение робота, достаточно проста. Перемещение робота обеспечивается смещением центра тяжести каждого модуля, что создает вращающий момент, действующий на модуль и приводящего его в движение. На оси каждого модуля робота расположены элементы питания, блоки системы управления, двигатели, которые и составляют эксцентрично расположенные массы, имеющие возможность поворачиваться относительно оси модуля. Различное положение эксцентрика относительно гравитационного вектора позволяет регулировать вращающий момент, движущий робот.

Робот оснащен двумя видеокамерами, расположенными в прозрачных полусферах, расположенных сбоку каждого модуля. Защитные полусферы могут изготавливаться из ударопрочного полистирола и также иметь прозрачное защитное покрытие. Изображения с камер могут использоваться как для навигации робота, так и для выполнения задач мониторинга. Система технического зрения при необходимости может использовать видеоинформацию не только в видимом, но и в инфракрасном и ультрафиолетовом диапазонах. Такая информация позволяет определять спелость овощей и фруктов, наличие грибковых заболеваний, расположение тепловых зон в теплице, отслеживать рост рассады, размеры плодов, получать информацию о состоянии почвы, наличии вредителей-грызунов, распознавать сорняки по форме листьев и использоваться для решения других подобных задач [5].

Управление роботом аналогично управлению гусеничной машиной: при движении по прямой оба модуля имеют одну и ту же скорость (по величине и направлению), а при повороте их скорости отличаются. Оператор с удаленного пульта управляет по каналу Wi-Fi движением робота и принимает видеоизображения с камер [6]. В настоящее время система управления робота является распределенной – программно-аппаратные решения бортовой части и программное обеспечение на компьютере оператора.

Навигация герметичного робота может осуществляться различными способами (с помощью GPS-навигации, более точно с использованием специальных маяков на границах контролируемых участков или иным образом). Для определения расстояния робота до находящихся перед ним объектов в настоящее время реализуется метод динамически меняющихся изображений. Он основан на том, что при движении робота более близкие к нему объекты изменяют свои размеры сильнее, чем более удаленные.

Поскольку робот должен перемещаться по пересеченной местности, были проведены моделирование движения робота в среде V-REP (рисунок 2), расчеты и экспериментальные исследования взаимосвязи момента, создаваемого маршевым электродвигателем, с моментом, вызывающим качение корпуса робота по опорной поверхности, а также максимальной величины препятствий, преодолеваемых роботом в различных условиях.

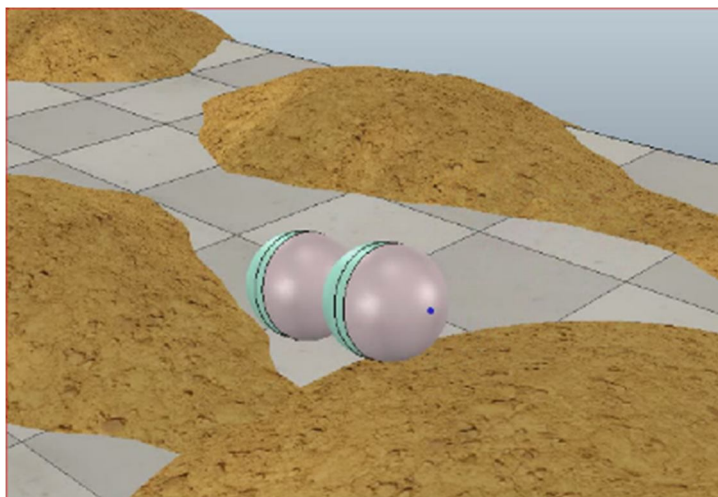


Рисунок 2 – Один из кадров процесса моделирования движения робота по пересеченной местности

Максимальная высота h_{\max} преодолеваемого препятствия, которую робот может преодолеть без разгона

$$h_{\max} = R - \sqrt{R^2 - \frac{(m \cdot r \cdot \cos\varphi)^2}{(M+m)^2}}$$

где R – наружный радиус корпуса модуля герметичного робота;

r – расстояние от оси вращения корпуса робота до центра масс груза, перемещение которого вызывает вращающий момент;

M – масса корпуса робота без учета массы груза;

m – масса груза.

Таким образом, максимальная высота преодолеваемого с места препятствия при благоприятных соотношениях параметров достигает значения $h_{\max}=0,5R$, что является хорошим показателем.

Во время испытаний макет робота с внешним диаметром модулей 26 см перемещался по прямой, выполнял повороты в различных режимах, с места преодолевал препятствия типа «ступенька» высотой 4,8 см и взбирался по наклонной плоскости с углом 20 градусов. Использование разгона позволяет существенно улучшить эти показатели. Основными параметрами, определяющими проходимость робота по пересеченной местности, являются внешний диаметр корпусов робота и мощность электроприводов модулей [7].

Конструкция рассмотренного робота защищена патентом РФ № 172377, действующий макет робота принимал участие во Всероссийских выставках ВУЗПРОМЭКСПО в 2016 и 2017 гг. В настоящее время осуществляется его доработка по результатам испытаний и обсуждений со специалистами на выставках.

Таким образом, использование герметичного робота, имеющего простую и надежную конструкцию, небольшие размеры и массу, оказывающего малое удельное давление на почву, практически нечувствительного ко всем видам загрязнений (легко очищаемого водой), позволяющего с низкими затратами дистанционно отслеживать состояние почвы и растений, может снизить как капитальные затраты на приобретение современных средств мониторинга, так и эксплуатационные расходы на их ремонт и обслуживание, улучшить условия труда, повысить привлекательность работы молодежи в сельском хозяйстве.

Список использованных источников

1. Н. Рамеш Бабу, В.И. Набоков, Е.А. Скворцов. Классификация и особенности робототехники в сельском хозяйстве. Всероссийский научный аграрный журнал «Аграрный вестник Урала» № 02 (156), 2017 г., ISSN 2307-0005, С. 82-88. — URL <https://cyberleninka.ru/article/n/klassifikatsiya-i-osobennosti-robototekhniki-v-selskom-hozyaystve/> (дата обращения: 01.02.20).

2. Кирилин А. В. Очистка сельскохозяйственных машин перед подготовкой к хранению [Текст] // Инновационные технологии в сельском хозяйстве: материалы III Междунар. науч. конф. (г. Казань, май 2017 г.). — Казань: Бук, 2017. — С. 44-48. — URL <https://moluch.ru/conf/agr/archive/249/12401/> (дата обращения: 07.02.2020).

3. Шемякин А.В., Кирилин А.В., Кожин С.А., Кузин Е.Г. Загрязнения сельскохозяйственных машин и устройства для их очистки. // В сб.: Технические науки – от теории к практике сборник научных публикаций. – СПб., 2016. – С. 40-46.

4. Шемякин А.В., Кирилин А.В., Кожин С.А. Перспективный способ очистки сельскохозяйственных машин. // В сб. Технические науки - от теории к практике сборник научных публикаций. – СПб., 2016. – С. 70-73.

5. Коцоева Т.М. Перспективные системы и средства автоматизации и роботизации в растениеводстве. В сборнике: «Студенческая наука - агропромышленному комплексу», научные труды студентов Горского государственного аграрного университета. 2018. С. 238-243.

6. В.В. Мартынов, Д. А. Быкадоров, Е. А. Богданов. Использование мобильного робота с защищенными двигателями для мониторинга сельскохозяйственных площадей // Интеллектуальные технологии и проблемы математического моделирования: материалы Всерос. науч. конф., пос. Дивноморское, 24–26 сент. 2018 г. / Дон. гос. техн. ун-т. - Ростов н/Д.: ДГТУ, 2018. - С. 90-91.

7. Объезд препятствий двухмодульным мобильным роботом в экстремальных условиях эксплуатации / Д.А. Быкадоров, М. А. Тросин, В. В. Мартынов // Научные революции: сущность и роль в развитии науки и техники: сб. ст. по итогам Междунар. науч.-практ. конф., г. Оренбург, 30 апр. 2018 г. / Агентство международных исследований. - Стерлитамак: АМИ, 2018. - С. 73-76.