

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ



УДК 628.465.9

Интеллектуальное автоматическое устройство подачи рассады для посадочной машины

Ю.В. Марченко, К.Г. Лепетиков, С.И. Попов

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

Аннотация

Представлена разработка автоматического устройства подачи рассады, оснащенного интеллектуальной системой управления. Это устройство предназначено для установки на существующие на рынке посадочные машины.

Ключевые слова: посадочные машины, автомат для подачи рассады, автоматизация, моделирование

Для цитирования. Марченко Ю.В., Лепетиков К. Г., Попов С.И. Интеллектуальное автоматическое устройство подачи рассады для посадочной машины. *Молодой исследователь Дона*. 2025;10(3):54–59.

Automatic Smart Seedling Feeder for a Planting Machine

Julianna V. Marchenko, Kirill G. Lepetikov, Sergey I. Popov

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

Abstract

The article presents the innovative design of an automatic seedling feeder equipped with a smart control system. The device is to be installed on the planting machines available on the market.

Keywords: planting machines, automatic seedling feeder, automation, modeling

For Citation. Marchenko YuV, Lepetikov KG, Popov SI. Automatic Smart Seedling Feeder for a Planting Machine. *Young Researcher of Don*. 2025;10(3):54–59.

Введение. В данной статье представлена конструкция автоматического устройства для подачи рассады, которое может быть как дополнением к существующим посадочным машинам, так и элементом проекта полностью автоматизированной посадочной машины. Технологический процесс работы посадочных машин и их конструктивные особенности в значительной мере определяются типом посадочного материала. Растения, предназначенные для высадки, можно разделить на две основные группы: с открытой (голым корнем) и закрытой корневой системой. Открытые корневые системы наиболее часто используются в лесном хозяйстве (для кустарников и древесных пород), а также при посадке рассады овощных культур. В то время как растения с закрытой корневой системой, которые вырастают в жестких или гибких кассетах, имеют разнообразные формы ячеек. В зависимости от уровня автоматизации посадочные машины классифицируются на автоматические, полуавтоматические и машины с ручной подачей растений в лунку или борозду, как показано на рис. 1.

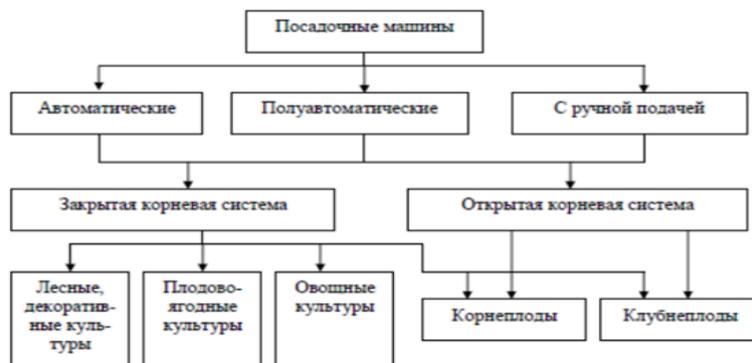


Рис. 1. Классификация посадочных машин

Наиболее распространенными являются устройства с ручной подачей посадочного материала в механизм подачи. Примером таких машин является ЛПА-1 — лесопосадочный агрегат с простой конструкцией, однако его основным недостатком является низкая производительность. Полуавтоматические высадкопосадочные машины, такие как ВПС-2,8А, более сложны в конструкции и оборудованы посадочными аппаратами для маточных корнеплодов свеклы. Принцип их работы основан на укладывании корнеплодов вручную на заслонку вращающегося лопастного ротора, где, под действием заслонки, корнеплод попадает в высаживающий конус. Также распространены ротационные посадочные аппараты, использующиеся как в лесном, так и в овощеводческом хозяйстве, например, в конструкции машины FPP Evolution компании Ferrari (Италия), которая предназначена для высадки рассады с голым корнем.

Наиболее распространёнными являются машины с ручной подачей материала в механизм подачи. Примером таких машин служит лесопосадочный агрегат ЛПА-1. Их главным достоинством является простота, однако недостатком считается низкая производительность. Более сложные по конструкции полуавтоматические высадкопосадочные машины, такие как ВПС-2,8А, оборудованы посадочными аппаратами для маточных корнеплодов свеклы [1]. Принцип работы этих машин заключается в том, что саженцы укладываются вручную на заслонку вращающегося лопастного ротора. При подходе к выгрузному окну заслонка открывается, и корнеплод по лотку попадает в высаживающий конус, состоящий из подвижной и неподвижной створки. Среди полуавтоматических машин также распространены ротационные посадочные аппараты в виде дисков или лучевых, с захватами или зажимами. Значительная часть таких машин используется в лесном хозяйстве, например, модели МПП-1, ССН-1 и другие. Ротационные посадочные аппараты лучевого типа находят применение и в овощеводстве, например, в конструкции машины FPP Evolution фирмы Ferrari (Италия) [2]. Данная машина предназначена для посадки рассады с голым корнем.

Наиболее сложными являются автоматические посадочные машины, которые часто комплектуются жесткими кассетами с разнообразной формой ячеек. В этих кассетах производится высеивание семян сортов или гибридов, а затем и выращивание рассады. Кроме того, машины такого типа могут обслуживаться одним или двумя операторами. Технологический процесс посадки растений с использованием автоматических машин может иметь несколько вариантов. Оператор перед запуском машины загружает в барабанный накопитель саженцы. Устройство автоматически извлекает рассаду из накопителя, поворачивая барабан до отверстия, через которое растение падает в область высаживающего аппарата. В другом варианте оператор подает кассеты с рассадой на загрузочные устройства. Машина (FUTURA фирмы Ferrari) автоматически извлекает растения из кассеты с помощью цилиндрических выталкивателей, которые работают синхронно с подвижными захватами вертикальных высаживающих аппаратов. Для этого требуются специальные контейнеры с отверстиями в нижней части. Оператор также может подавать растения из кассет с ячейками квадратной формы на ленточный транспортер, где происходит индивидуальное разделение посадочного материала с последующей подачей в высаживающие стаканчики вертикальных высаживающих аппаратов.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что автоматизация часто применяется при посадке рассады; следовательно, усовершенствование и разработка автоматических посадочных машин являются перспективным направлением в области сельского хозяйства. Хотя способ выращивания растений в кассетах не является дешевым, он позволяет существенно сократить сроки «простоя» земли в ожидании посадки, снизить отрицательные последствия послепосадочной депрессии у семян, значительно уменьшить количество операций по уходу за растениями и снизить затраты на ручной труд [3].

Целью работы является разработка конструкции автоматического устройства подачи рассады, предназначенного как для установки на готовые посадочные машины, так и для интеграции в проект полностью автоматической посадочной машины.

Основная часть. Предложенная конструкция устройства направлена на значительное увеличение производительности посадочной машины и сокращение числа операторов, необходимых для её работы, до одного или двух, не обладающих специальными знаниями в области робототехники и механики. В качестве автоматического устройства подачи рассады предполагается использовать набор механизмов, устанавливаемых в корпус устройства. Эти механизмы позволяют автоматически принимать заполненные контейнеры, перемещать их по направляющим с помощью опорных роликов, разгружать содержимое и помещать разгруженные контейнеры в область выгрузки [4–7]. Устройство может вмещать от одного до четырех контейнеров, что необходимо для того, чтобы оператор на посадочной машине мог оперативно обслуживать сразу несколько механизмов и избежать простоев, связанных с отсутствием заполненных контейнеров.

Устройство включает в себя корпус, контейнеры, подъемные механизмы, электромеханические замки, линейные приводы и актуаторы. Корпус является базовой частью устройства и изготовлен из листовой конструкционной стали толщиной от 2 до 3 мм. К корпусу монтируются все механизмы, а также предусмотрены крепежные отверстия для установки на посадочной машине. Контейнер представляет собой конструкцию [8, 9], в которую помещаются рассада и пластиковые направляющие. Эти направляющие отделяются от саженцев гравитационным методом, а пустые направляющие попадают в область хранения. Пластиковые направляющие предназначены для защиты рассады от механических повреждений, возникающих при выгрузке.

Подъемные механизмы служат для подъема и спуска контейнеров и состоят из винтовой передачи, приводимой в движение двигателем постоянного тока. Также предусмотрены направляющие для избежания перекоса подъемного механизма и механизма зацепа. Электромагнитные замки предназначены для ограничения самопроизвольного перемещения контейнера по направляющим и представляют собой соленоиды с квадратным штоком. Линейные приводы функционируют как ременные передачи, которые приводят в движение каретки на направляющих. Эти передачи обеспечивают перемещение контейнеров и их выгрузку. Актуаторы — это готовые устройства, предназначенные для открытия заслонки и перемещения одного линейного привода. Перемещение линейного привода необходимо для свободного движения контейнера в область выгрузки. Схема устройства представлена на рис. 2.

Другим важным аспектом разработки устройства является создание алгоритма управления, цель которого заключается в обеспечении функционирования системы с минимально возможным количеством сбоев и ошибок в процессе выполнения программного кода. На основании ранее рассмотренной конструкции и требований к системе управления был составлен алгоритм работы автоматического устройства подачи рассады (рис. 3). Исходя из конструкции и алгоритма, необходимо установить некоторые требования к разрабатываемому устройству: возможность синхронизации с посадочной машиной с помощью датчика; выдача рассады с равной или большей частотой, чем это может поддерживать посадочная машина; устойчивость к загрязнениям; обеспечение продолжительного режима работы.

Были определены необходимые усилия для приводов: 1000 Н для подъемного механизма контейнеров; 5 Н для привода открытия заслонки; 25 Н для подъемного механизма выталкивателя; 50 Н для привода горизонтального перемещения контейнера; 20 Н для привода выталкивателя; 105 Н для привода, перемещающего рассаду в контейнерах. Следует отметить, что устройство не содержит узлов, обеспечивающих большое усилие, и устанавливается на посадочную машину, соединяемую с трактором с помощью прицепа. Поэтому оптимальным решением будет использование только электромеханических приводов, питающихся от бортовой сети 12 вольт.

Требования для системы управления [10]: система управления должна питаться от бортовой электросети 12V; при выключении системы управления приводные механизмы должны возвращаться в исходное положение; система управления должна обеспечивать автономную работу с возможностью включения и остановки с помощью кнопок; должна обеспечить диапазонное регулирование перемещения ременных приводов; должна обеспечивать конечные положения всех приводов; а также должна переходить в аварийный режим.

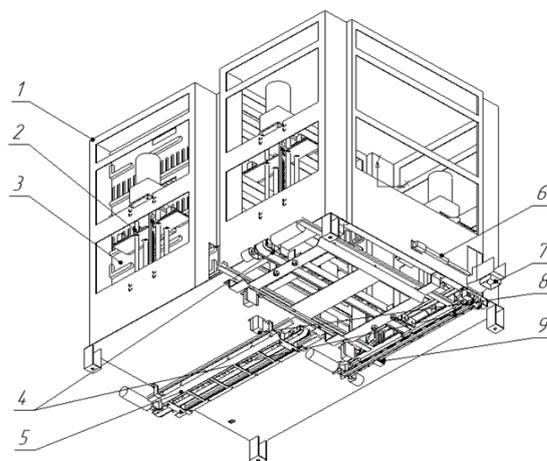


Рис. 2. Устройство подачи рассады для посадочной машины: 1 — корпус устройства; 2 — подъемный механизм; 3 — контейнер; 4 — линейные приводы, предназначенные для разгрузки контейнера; 5 — линейный привод, перемещающий контейнеры; 6 — актуаторный привод заслонки контейнера; 7 — выход для рассады и направляющих; 8 — электромеханический замок; 9 — актуаторный подъемный механизм привода

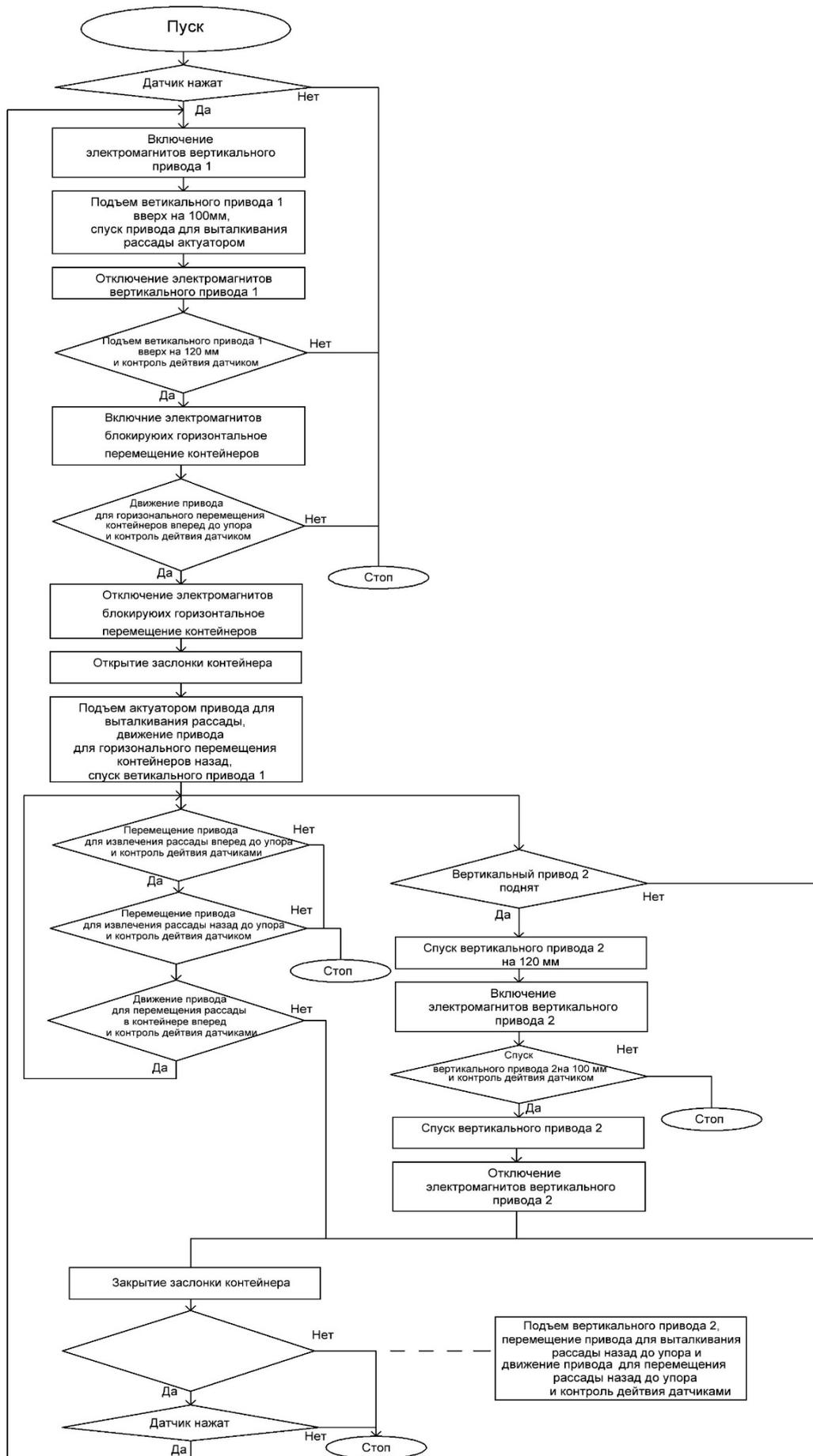


Рис. 3. Алгоритм работы устройства

На основании описанных требований в качестве микроконтроллера планируется использоваться 8-bit микроконтроллер ATmega 2560 в 100 выводном корпусе TQFP100, который обладает достаточным быстродействием, а также количеством входов и выходов. В качестве драйвера с широтно-импульсной модуляцией была выбрана микросхема BTN7960, также в системе управления планируется использовать энкодер модели LPD3806-600BM-G5-24. Принципиальная схема изображена на рис. 4.

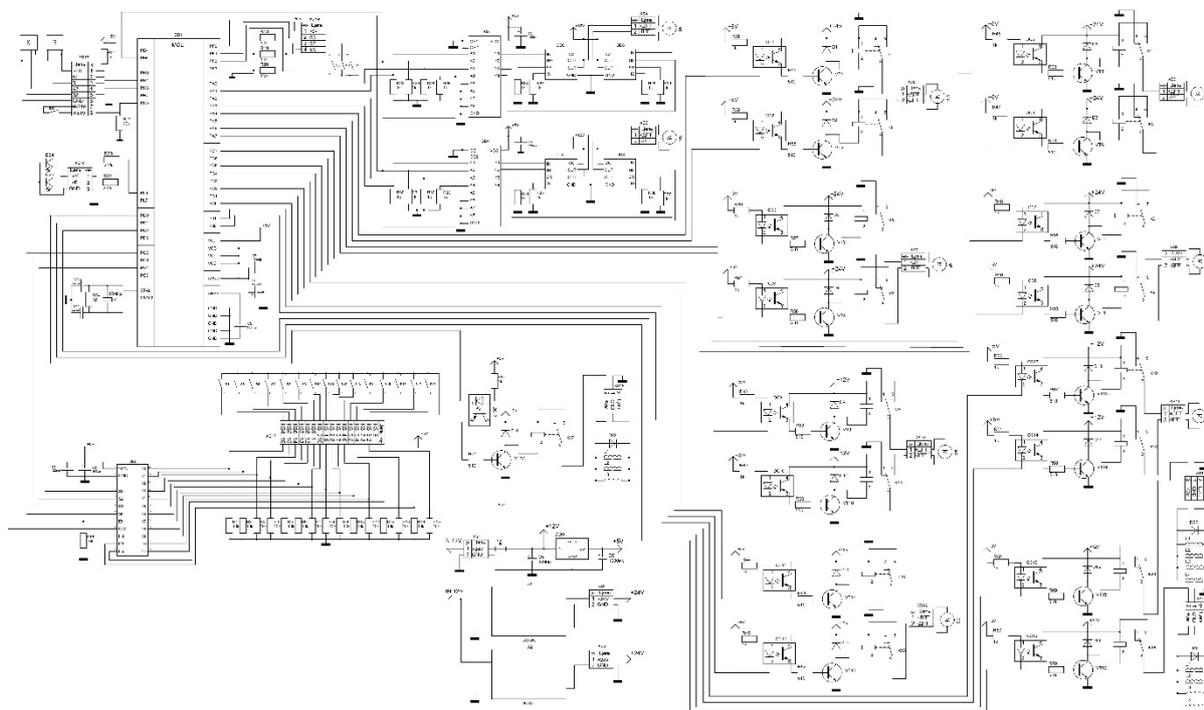


Рис. 4. Принципиальная схема системы управления

Заключение. Предложенное решение не только отвечает современным требованиям автоматизации в сельском хозяйстве, но и создает основу для дальнейших исследований и разработок в области агроинноваций, которые могут значительно ускорить и оптимизировать процессы, связанные с посадкой и уходом за растениями. Это устройство имеет потенциал не только для повышения урожайности, но и для сокращения трудозатрат, тем самым делая аграрный сектор более устойчивым и продуктивным.

Список литературы

1. Богданов Г.П., Бойко И.В., Бутенко В.Н., Закутский Н.С., Кондратьев И.Ф. *Машина для посадки корней маточной свеклы*. Патент СССР, № 954027. 1982. 4 с.
2. *Ferrari Costruzioni Meccaniche*. URL: <http://ferraricostruzioni.com/ru/> (accessed: 15.03.2025).
3. Бартепов И.М. *Лесопосадочные машины. Теория. Исследование. Конструкции*. Монография. Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет; 2015. 219 с.
4. Popov SI, Galchenko GA, Marchenko JuV, Drozdov DS. Use of Neural Networks and Autopilot for Quick and Accurate Grain Discharge on the Elevator. In: Shamtsyan M, Pasetti M, Beskopylny A. (Eds.) *Proceedings of the XIV International Scientific Conference «INTERAGROMASH 2021»: Robotics, Machinery and Engineering Technology for Precision Agriculture. Smart Innovation, Systems and Technologies. Vol. 247*. Singapore: Springer; 2022. P. 45–53. https://doi.org/10.1007/978-981-16-3844-2_6
5. Марченко Ю.В., Дерюшев В.В., Попов С.И., Марченко Э.В. Модель многопараметрической оптимизации характеристик канатной дороги в системе транспортировки твердых бытовых отходов. *Безопасность техногенных и природных систем*. 2023;7(4):80–96.
6. Марченко Ю.В., Попов С.И., Марченко Э.В., Зурнаджи Г.В., Петров А.А. Автоматизированный технологический процесс транспортирования твердых отходов с использованием мехатронных модулей. *Молодой исследователь Дона*. 2024;9(3):64–68.
7. Zvezdina MYu, Shokova YuA, Marchenko JuV, Popov SI. Digitalization of Transport in the South Russia Macro-Region and Its Environmental Consequences. *Sociologia y Tecnociencia (Sociology and Technoscience)*. 2024;14(2):1–22. <https://doi.org/10.24197/st.2.2024.1-22>

8. Marchenko JuV, Popov SI. The Use of a Unified Container in an Ecological Automated System for the Removal Of Solid Household Waste in an Urbanized Environment Based on Rope Transport Technologies. In: Beskopylny A, Shamtsyan M, Artiukh V (Eds.). *Proceedings of the XV International Scientific Conference «INTERAGROMASH 2022». Lecture Notes in Networks and Systems. Vol. 575*. Cham: Springer; 2023. P. 1304–1311. https://doi.org/10.1007/978-3-031-21219-2_146

Марченко Ю.В., Молаоди О., Попов С.И. Имитационное моделирование процессов автоматизированного транспортирования «Смарт-контейнеров» в транспортно-логистическом терминале. В: *Материалы двадцать первой Всероссийской научно-практической конференции «Современные проблемы горно-металлургического комплекса. Наука и производство». Старый Оскол, 2024 года. Том 1*. Старый Оскол; 2024. С. 633–642.

9. Попов С.И., Валявин В.Ю., Подуст С.Ф., Линькова Е.Ф., Юрьева В.В. *Диагностирование и испытание электрооборудования транспортных машин*. Учебное пособие. Ростов-на-Дону: Издательский центр ДГТУ; 2010. 115 с.

Об авторах:

Юлианна Викторовна Марченко, кандидат технических наук, доцент кафедры робототехники и мехатроники Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), marchenko-6470@male.ru

Кирилл Геннадьевич Лепетиков, магистрант кафедры робототехники и мехатроники Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1),

Сергей Иванович Попов, кандидат технических наук, доцент кафедры робототехники и мехатроники Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), spopov1957@yandex.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

About the Authors:

Julianna V. Marchenko, Cand.Sci. (Engineering), Associate Professor of the Robotics and Mechatronics Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), marchenko-6470@male.ru

Kirill G. Lepetikov, Master's Degree Student of the Robotics and Mechatronics Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation),

Sergey I. Popov, Cand.Sci. (Engineering), Associate Professor of the Robotics and Mechatronics Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), spopov1957@yandex.ru

Conflict of Interest Statement: the authors declare no conflict of interest.

All authors have read and approved the final manuscript.