

4.3.1. ТЕХНОЛОГИИ, МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ
ДЛЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА
(ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 631.331

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2024_3_99

EDN: UREWAC

**Роботизированное кассетное загрузочное устройство
карусельного типа для селекционной сеялки****Андрей Сергеевич Чулков^{1✉}, Михаил Евгеньевич Чаплыгин²,
Марсель Марселевич Шайхов³**^{1, 2, 3} Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Россия¹ andrei.chulkov@mail.ru✉

Аннотация. Совершенствование техники, предназначенной для выполнения работ в растениеводстве, путем разработки автоматизированных и роботизированных устройств позволит повысить производительность работ и минимизировать ручной труд. Предложенное авторами роботизированное кассетное загрузочное устройство предназначено для загрузки порционных высевальных аппаратов селекционной сеялки при выполнении посева сельскохозяйственных культур, в частности зерновых, на участках второго этапа селекционных работ. Создание загрузочного устройства требует разработки программируемого электронного манипулятора, который должен обеспечивать необходимое перемещение кассет и блоков кассет с высевальным материалом, согласованное с работой высевальных аппаратов. С помощью структурного подхода, основанного на разбиении роботизированного устройства на блоки, каждый из которых выполняет отдельную функцию, разработана компоновочная схема и описан принцип работы роботизированного кассетного загрузочного устройства (РКЗУ) карусельного типа для загрузки порционных высевальных аппаратов селекционной сеялки. Приведена блок-схема алгоритма работы РКЗУ, определены габаритные размеры кассет и блоков кассет, даны рекомендации по габаритным размерам РКЗУ. Описана работа устройства при выполнении технологического процесса посева кассетной селекционной сеялкой. С учетом приведенных рекомендаций по габаритным размерам РКЗУ может быть интегрировано в селекционные кассетные сеялки разных типов (навесные, прицепные, самоходные и др.) для посева зерновых, зернобобовых и других культур на втором этапе селекционных работ. Внедрение РКЗУ будет способствовать сокращению применения ручного труда, повышению производительности сеялки за час сменного времени до 2,6 раза по сравнению с сеялкой, оборудованной кассетным загрузочным устройством, в котором кассетные блоки в процессе посева устанавливаются оператором вручную.

Ключевые слова: кассетная селекционная сеялка, посев зерновых культур, роботизированное кассетное загрузочное устройство, кассета, блок кассет

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (тема № FGUN-2022-0007 «Разработать инновационные комплексы машин с элементами роботизации для селекции и семеноводства зерновых, зернобобовых и масличных культур с применением электрофизических методов воздействия»).

Авторы выражают благодарность рецензентам за их вклад в экспертную оценку работы.

Для цитирования: Чулков А.С., Чаплыгин М.Е., Шайхов М.М. Роботизированное кассетное загрузочное устройство карусельного типа для селекционной сеялки // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2024. Т. 17, № 3(82). С. 99–107. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2024_3_99–107.

4.3.1. TECHNOLOGIES, MACHINERY AND EQUIPMENT
FOR AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX (ENGINEERING SCIENCES)

Original article

Carousel type robotic cassette loading device for breeding seeder**Andrey S. Chulkov^{1✉}, Mikhail E. Chaplygin², Marsel' M. Shaykhov³**^{1, 2, 3} Federal Scientific Agroengineering Centre VIM, Moscow, Russia¹ andrei.chulkov@mail.ru✉

Abstract. The improvement of equipment designed to perform operations in crop production through the development of automated and robotic devices will increase the productivity and minimize manual labor. The robotic cassette loading device proposed by the authors is intended for loading batch sowing machines of a breeding drill when sowing crops, in particular cereals, on plots of the second stage of breeding work. The creation of a loading

device requires the development of a programmable electronic manipulator, which must ensure the necessary movement of cassettes and cassette blocks with the seeded material, consistent with the operation of the seeding machines. Using a structural approach based on the division of a robotic device into blocks, each of which performs a separate function, a layout scheme has been developed and the principle of operation of a robotic cassette loading device (RCLD) of a carousel type for loading batch sowing machines of a breeding drill is described. A block diagram of the RCLD algorithm is given, the overall dimensions of cassettes and cassette blocks are determined, and recommendations on the overall dimensions of the RCLD are given. The operation of the device during the technological process of sowing with a cassette breeding drill is described. Taking into account the given recommendations on overall dimensions, the RCLD can be integrated into breeding cassette seeders of various types (mounted, trailed, self-propelled, etc.) for sowing cereals, legumes and other crops at the second stage of breeding work. The introduction of the RCLD will promote to reduce manual labor, increase the productivity of the seeder per hour of shift time up to 2.6 times, compared with a seeder equipped with a cassette loading device in which the cassette blocks are manually installed by the operator during the sowing process.

Keywords: cassette breeding seeder, sowing of grain crops, robotic cassette loading device, cassette, cassette block

Acknowledgments: the research was carried out within the State assignment of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation for the Federal Scientific Agroengineering Centre VIM (Theme No. FGUN-2022-0007 "Develop innovative complexes of machines with robotic elements for selection and seed production of grains, legumes and oilseeds using electrophysical methods of influence").

The authors express their deep gratitude to the reviewers for their caring and attentive attitude and meticulous examination of the manuscript.

For citation: Chulkov A.S., Chaplygin M.E., Shaykhov M.M. Carousel type robotic cassette loading device for breeding seeder. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2024;17(3):99-107. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2024_3_99-107.

В ведение

Одним из важных направлений совершенствования техники для селекционных работ в растениеводстве зерновых и других культур остается разработка новых автоматизированных и роботизированных устройств, позволяющих повысить производительность и минимизировать ручной труд [4–6].

Для выполнения технологии посева на втором этапе работ селекции, сортоиспытания и первичного семеноводства зерновых и зернобобовых культур применяют кассетные селекционные сеялки с порционными высевальными аппаратами конусного типа [1, 2]. Для загрузки высевальных аппаратов такого типа семенами используют кассетные загрузочные устройства [9].

В результате проведенного анализа технических решений кассетных загрузочных устройств для высевальных аппаратов селекционных сеялок установлено, что их совершенствование должно проходить в направлении роботизации технологического процесса загрузки [2, 9, 12].

Цель исследования – разработать роботизированное кассетное загрузочное устройство (РКЗУ) карусельного типа для загрузки высевальных аппаратов селекционной сеялки.

Материалы и методы

Роботизированное кассетное загрузочное устройство карусельного типа интегрируется в селекционную сеялку, применяемую для посева зерновых и зернобобовых культур на втором этапе селекционных работ. При разработке и исследовании схемы РКЗУ с учетом ГОСТ Р 60.0.0.4–2019/ИСО 8373:2012 [3] применили структурный подход, основанный на разбиении роботизированного устройства на блоки по функциональному признаку, когда каждый блок выполняет отдельную функцию [10].

При разработке загрузочного устройства учитывались требования к параметрам элементов опытного поля в соответствии с отраслевым стандартом ОСТ 46 73-78 [9] и требования к схемам посева, уборки и типу применяемых посевных и уборочных

машин по ОСТ 46 72-78 [10]. Так, согласно ОСТ 46 73-78 на втором этапе селекционных работ длина делянок составляет от 1 до 5 м, число рядков в делянке – от 1 до 6, ширина междурядий для зерновых культур – от 20 до 50 см, для зернобобовых – от 20 до 70 см, ширина посева – от 20 до 135 см, ширина межъярусной дорожки – не более 2 м, в делянке зерновых культур высевается до 500 семян, в делянке зернобобовых – до 300 семян.

Результаты и их обсуждение

В кассетных селекционных сеялках для посева зерновых и зернобобовых культур на делянках второго этапа работ подача высеваемого материала к порционным высевальным аппаратам осуществляется с помощью кассетного загрузочного устройства (КЗУ). Данное устройство было реализовано на отечественных кассетных сеялках (СКС-6-10, СКС-6А, СН-10Ц(К), ССС-2-6 и др.) и зарубежных сеялках компаний Wintersteiger Holding AG (Австрия), HALDRUP GmbH (Германия) и др. [1, 15].

В селекционных сеялках с КЗУ семена размещаются в специальных кассетах с ячейками. Кассеты, последовательно размещенные на направляющей пластине прямоугольной формы, образуют блок кассет. Блок кассет с семенами устанавливается на рабочий стол КЗУ. При выполнении технологического процесса посева кассеты последовательно сходят с пластины и освобождаются от семян. После схода с пластины всех кассет оператор вручную снимает со стола пластину и устанавливает на столе очередной заполненный семенами блок кассет [13].

Для автоматической смены блока кассет без участия оператора в кассетной сеялке предложено использовать роботизированное кассетное загрузочное устройство (РКЗУ) карусельного типа для загрузки конусных высевальных аппаратов автономного высева.

Габаритные размеры кассеты определяются количеством ячеек в ней (6 шт.) и объемом одной ячейки (50 мл). Разработанная кассета представлена на рисунке 1, где ее длина (A), ширина (B) и высота (H) составляют соответственно 215, 60 и 73 мм [14].

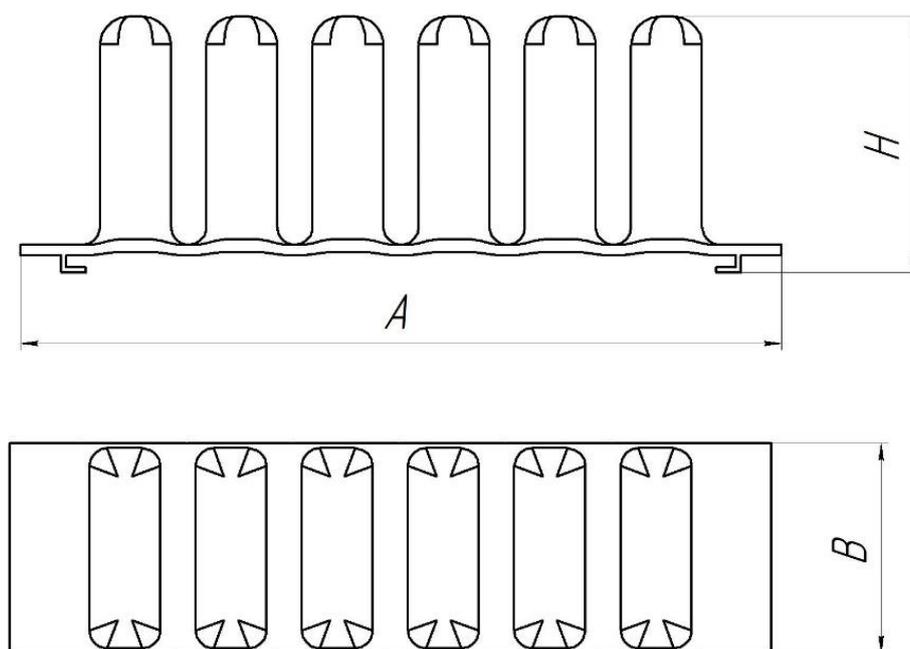


Рис. 1. Кассета для семян и ее габаритные размеры

Длина блока кассет $L_{б.к.}$ и длина направляющей пластины $L_{н.п.}$ вычисляются по формуле

$$L_{б.к.} = L_{н.п.} = B \cdot m + 2j, \quad (1)$$

где B – ширина кассеты, мм;

m – количество кассет в блоке, шт. (в данной конструкции $m = 5$);

j – удлинение пластины с обеих торцевых сторон для обеспечения ее фиксации на подвижной платформе, мм ($j = 7,5$ мм).

С учетом указанных выше значений параметров вычисленная по формуле (1) длина блока кассет – $L_{б.к.} = L_{н.п.} = 315$ мм.

Высота и ширина блока кассет соответственно равны высоте ($H = 73$ мм) и длине ($A = 215$ мм) кассеты.

Ширина и длина РКЗУ не должны превышать размеров соответствующей площадки на раме сеялки, а высота должна соответствовать необходимому расположению рабочей зоны РКЗУ над высевальными аппаратами.

Для разработки конструктивно-компоновочной схемы РКЗУ карусельного типа выполнен эскизный проект, дающий представление о принципах работы устройства и его конструкции. Разработанная схема роботизированного кассетного загрузочного устройства карусельного типа представлена на рисунке 2. На данное техническое решение получен патент РФ на изобретение № 2806909 «Роботизированное кассетное загрузочное устройство карусельного типа селекционной сеялки» [11].

РКЗУ карусельного типа выполнено в соответствии с ГОСТ Р 60.0.0.4-2019/ИСО 8373:2012 и представляет собой роботизированное устройство, звенья манипулятора которого работают по двум степеням подвижности:

- поступательное движение – для перемещения кассет в направлении высевального аппарата;

- вращательное движение – для перемещения блоков кассет.

РКЗУ содержит механизм (манипулятор) с программным управлением для перемещения кассет 1 с ячейками для подачи высеваемого материала к высевальному аппарату 2. Кассеты 1 с пазами последовательно нанизаны на направляющую пластину 3 и образуют блок кассет 4.

На раме 6 расположены центральная неподвижная платформа 7 и внешняя подвижная платформа 8.

Актуатор 9 (толкатель кассет), приводимый в действие электродвигателем 10, установлен на центральной неподвижной платформе 7 на противоположной от высевального аппарата 2 стороне в рабочей зоне 11 перемещения кассет 1.

На внешней подвижной платформе 8, приводимой в движение шаговым электродвигателем 12, устанавливаются равномерно по окружности с шагом α и фиксируются блоки кассет 4.

Высевальный аппарат 2 приводится в действие шаговым электродвигателем 16.

Электродвигатели 10, 12 и 16 приводятся в действие блоком управления 5 по заданной программе в соответствии с планом засева селекционных участков.

Контейнер 13, предназначенный для сбора пустых (освобожденных от семян) кассет 1, размещен на раме 6 за высевальным устройством 2.

Блок управления 5 обеспечивает согласование работы манипулятора с работой высевального аппарата 2.

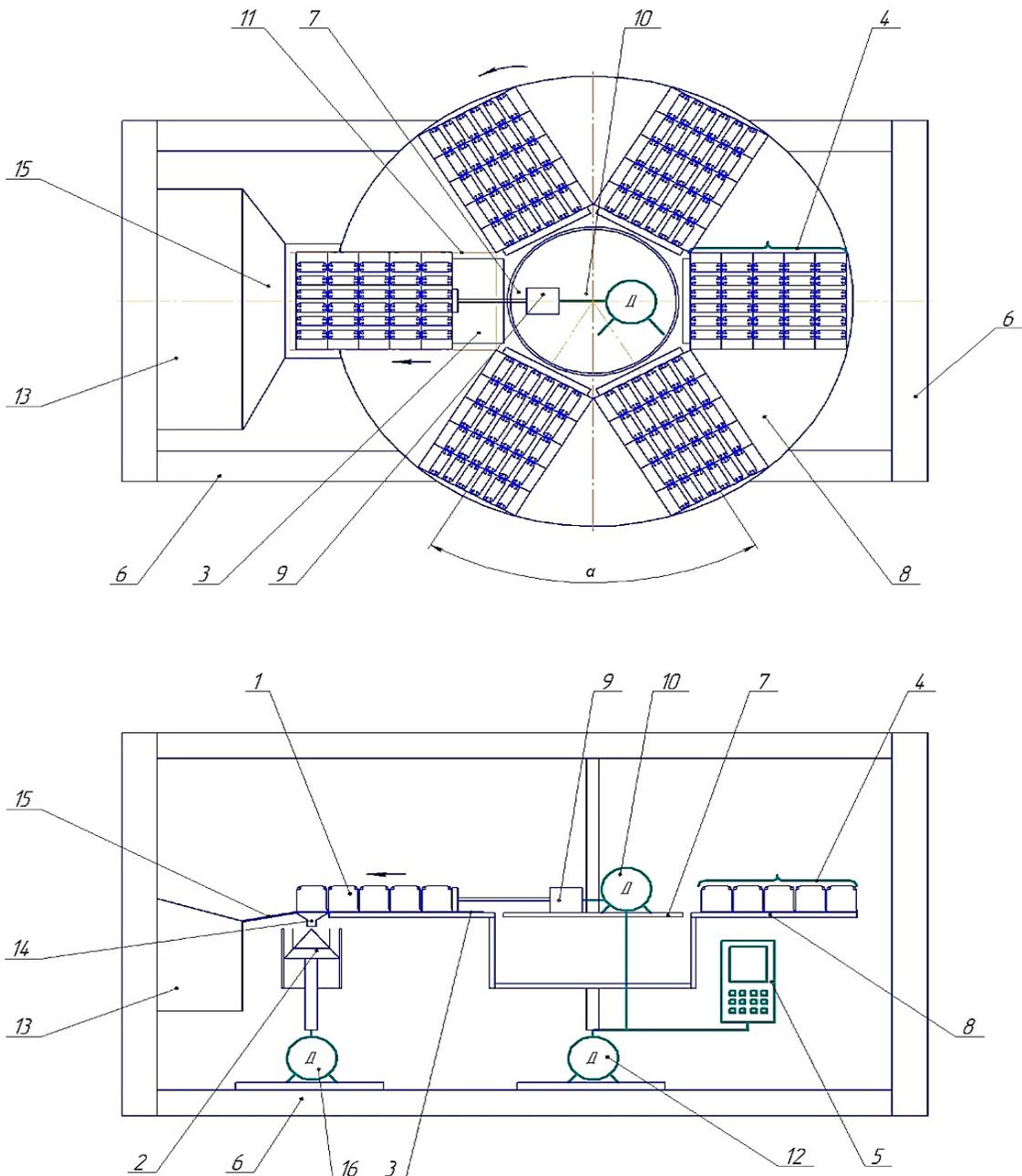


Рис. 2. Схема РКЗУ карусельного типа (вид сверху и сбоку):

- 1 – кассета с ячейками для высеваемого материала; 2 – высевующий аппарат;
 3 – направляющая пластина; 4 – кассетный блок; 5 – блок управления; 6 – рама РКЗУ;
 7 – центральная неподвижная платформа РКЗУ; 8 – внешняя подвижная платформа РКЗУ;
 9 – актуатор (толкатель кассет); 10 – электродвигатель привода актуатора; 11 – рабочая зона перемещения кассет; 12 – шаговый электродвигатель привода внешней подвижной платформы; 13 – контейнер для сбора пустых кассет; 14 – отверстия для выгрузки семян из ячеек кассеты; 15 – наклонный лоток для спуска пустых кассет; 16 – шаговый электродвигатель привода высевующего аппарата

Роботизированное кассетное загрузочное устройство карусельного типа работает в соответствии с алгоритмом, блок-схема которого представлена на рисунке 3.

Роботизированное кассетное загрузочное устройство карусельного типа работает следующим образом.

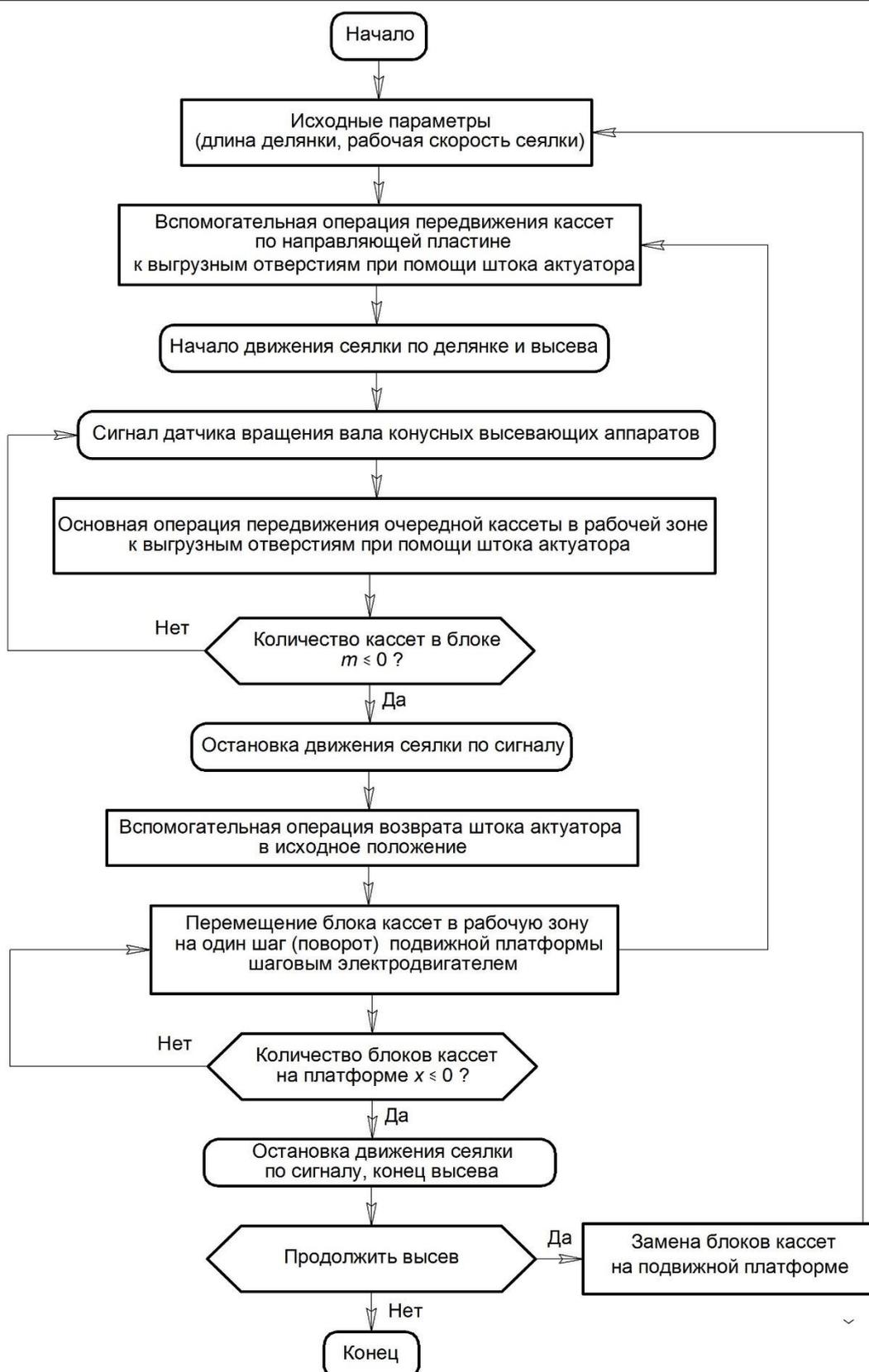


Рис. 3. Алгоритм работы РКЗУ карусельного типа

Оператор устанавливает и фиксирует на подвижной платформе 8 блоки 4 кассет с высеваемым материалом, достаточным для посева селекционного участка. Сеялка подводится к линии начала делянки, оператор включает блок управления 5, вводит па-

раметры посева, и РКЗУ включается в работу. Первая вспомогательная операция (движение сеялки по деланке), предваряющая посев, должна обеспечивать перемещение кассет 1 на суммарную длину вспомогательных участков (переходного участка платформы между направляющей пластиной и рабочим столом и участка рабочего стола с выгрузными отверстиями). Процесс высева осуществляется в результате выполнения основной операции передвижения кассет к выгрузным отверстиям в рабочей зоне РКЗУ. В соответствии со скоростью движения сеялки блок управления 5 регулирует скорость вращения высевающего аппарата 2 и перемещение кассет 1 по направляющей пластине 3 в рабочей зоне 11.

Актуатор 9 приводится в действие электродвигателем 10. Шток актуатора 9 выдвигается и последовательно, под контролем блока управления 5, перемещает по направляющей пластине 3 кассеты 1 с высеваемым материалом к высевающему аппарату 2. Высеваемый материал подается в высевающий аппарат 2 через выгрузные отверстия 14. Пустая кассета 1 сходит по наклонному лотку 15 и попадает в контейнер 13. После схода с направляющей пластины 3 всех кассет 1 срабатывает датчик положения кассет, подается сигнал, сеялка останавливается, и по команде блока управления 5 выполняется вторая вспомогательная операция возврата штока актуатора 9 в исходное положение.

Шаговый электродвигатель 12 проворачивает внешнюю подвижную платформу 8 на угол α (в данной конструкции РКЗУ угол $\alpha = 60^\circ$). При этом следующий кассетный блок 4 подводится к рабочей зоне 11.

Далее повторяются операции подачи кассет 1 к высевающему аппарату 2 и перемещения кассетных блоков 4. После освобождения всех кассетных блоков 4 от семенного материала блок управления 5 подает сигнал о необходимости загрузки устройства новыми кассетными блоками 4 с семенным материалом, и работа РКЗУ останавливается.

В случаях застревания кассет 1, перекося блоков 4 или направляющих пластин 3 соответствующий датчик передает сигнал, по которому блок управления 5 останавливает работу сеялки. Оператор устраняет причину неисправности, и сеялка продолжает работу.

Оценка производительности селекционной сеялки с РКЗУ за час сменного времени

Приведем сравнительный расчет для сеялки СКС-6-10 на базе самоходного шасси типа Т-16, оборудованной КЗУ или РКЗУ карусельного типа, для второго этапа селекционных работ.

Производительность сеялки за час сменного времени определяется по формуле

$$W_{\text{ч}} = 0,1 B_{\text{р}} \cdot v_{\text{с}} \cdot K_{\text{см}}, \text{ га/ч}, \quad (2)$$

где $B_{\text{р}}$ – рабочая ширина захвата сеялки, м (согласно ОСТ46 72-78 принимаем максимальную ширину захвата $B_{\text{р}} = 1,35$ м);

$v_{\text{с}}$ – рабочая скорость сеялки, км/ч (для второго этапа селекционных работ в соответствии с ТУ 46-16-466-83 максимальная рабочая скорость движения сеялки СКС-6-10 с КЗУ $v_{\text{с}} = 1,15$ км/ч, для сеялки СКС-6-10 с РКЗУ – $v_{\text{с}} = 3$ км/ч, расчетные данные);

$K_{\text{см}}$ – коэффициент использования времени смены, определяемый по формуле

$$K_{\text{см}} = T_{\text{р}}/T_{\text{см}}, \quad (3)$$

где $T_{\text{см}}$ – количество часов в смене, ч (при 5-дневной рабочей неделе, $T_{\text{см}} = 8$ ч),

$T_{\text{р}}$ – чистое рабочее время в течение смены, ч ($T_{\text{р}} = 5$ ч, расчетные данные).

Тогда по формуле (3) $K_{\text{см}} = 5/8 = 0,625$.

По формуле (2) получаем производительность за час сменного времени:

- сеялки СКС-6-10 с КЗУ

$$W_{\text{ч_КЗУ}} = 0,1 \cdot 1,35 \cdot 1,15 \cdot 0,625 = 0,097 \text{ га/ч};$$

- сеялки СКС-6-10 с РКЗУ карусельного типа

$$W_{\text{ч_РКЗУ}} = 0,1 \cdot 1,35 \cdot 3,0 \cdot 0,625 = 0,253 \text{ га/ч}.$$

Как следует из полученных результатов, применение РКЗУ карусельного типа вместо КЗУ на селекционной сеялке позволит повысить производительность за час сменного времени.

Выводы

Разработана конструктивно-компоновочная схема роботизированного кассетного загрузочного устройства карусельного типа для загрузки порционных высевальных аппаратов селекционной сеялки.

Определены габаритные размеры кассет и блоков кассет, даны рекомендации по габаритным размерам РКЗУ при интеграции его в селекционную кассетную сеялку.

Описана работа загрузочного устройства при выполнении технологического процесса посева кассетной селекционной сеялкой.

С учетом приведенных рекомендаций по габаритным размерам РКЗУ может быть интегрировано в селекционные кассетные сеялки разных типов (навесные, прицепные, самоходные и др.) для посева зерновых, зернобобовых и других культур на втором этапе селекционных работ.

Внедрение РКЗУ будет способствовать сокращению применения ручного труда, повышению производительности сеялки за час сменного времени до 2,6 раза по сравнению с сеялкой, оборудованной КЗУ, в котором кассетные блоки в процессе посева устанавливаются оператором вручную.

Список источников

1. Анишкин В.И., Некипелов Ю.Ф. Механизация опытных работ в селекции, сортоиспытании и первичном семеноводстве зерновых и зернобобовых культур: монография. Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства, 2004. 200 с.
2. Бейлис В.М., Ценч Ю.С., Коротченя В.М. и др. Тенденции развития прогрессивных машинных технологий и техники в сельскохозяйственном производстве // Вестник ВИЭСХ. 2018. № 4(33). С. 150–156.
3. ГОСТ Р 60.0.0.4-2019/ИСО 8373:2012. Роботы и робототехнические устройства. Термины и определения. Москва: Стандартинформ, 2019. 27 с.
4. Жалнин Э.В. Возродим селекцию и семеноводство // Сельский механизатор. 2014. № 7. С. 4–5.
5. Измайлов А.Ю. Интеллектуальные технологии и роботизированные средства в сельскохозяйственном производстве // Вестник Российской академии наук. 2019. Т. 89, № 5. С. 536–538. DOI: 10.31857/S0869-5873895536-538.
6. Лачуга Ю.Ф., Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П. и др. Научно-технические достижения агроинженерных научных учреждений для производства основных групп сельскохозяйственной продукции // Техника и оборудование для села. 2021. № 4(286). С. 2–11.
7. Лобачевский Я.П., Дорохов А.С. Цифровые технологии и роботизированные технические средства для сельского хозяйства // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2021. Т. 15, № 4. С. 6–10. DOI: 10.22314/2073-7599-2021-15-4-6-10.
8. Несмиян А.Ю., Ценч Ю.С. Тенденции и перспективы развития отечественной техники для посева зерновых культур // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2018. Т. 12, № 3. С. 45–52.
9. ОСТ 46-72-78. Параметры опытного поля, схемы посева и требования к типуажу посевных и уборочных машин в селекции, сортоиспытании и первичном семеноводстве зерновых и зернобобовых культур. Требования к схемам посева, уборки и типуажу посевных и уборочных машин. Москва, 1978. 33 с.
10. ОСТ 46-73-78. Параметры опытного поля, схемы посева и требования к типуажу посевных и уборочных машин в селекции, сортоиспытании и первичном семеноводстве зерновых и зернобобовых культур. Параметры элементов опытного поля по этапам работ. Москва: 1978. 33 с.
11. Пшихопов В.Х., Медведев М.Ю., Костюков В.А. и др. Проектирование роботов и робототехнических систем: учебное пособие. Ростов-на-Дону: Изд-во Южного федерального университета, 2014. 195 с.
12. Роботизированное кассетное загрузочное устройство карусельного типа селекционной сеялки: пат. 2806909 Рос. Федерация. № 2023113652; заявл. 25.05.2023; опубл. 08.11.2023, Бюл. № 31. 6 с.
13. Чулков А.С., Шайхов М.М., Чаплыгин М.Е. и др. Кассетные загрузочные устройства для высевальных аппаратов селекционных сеялок // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. 2023. Т. 70, № 2(51). С. 74–81. DOI: 10.22314/2658-4859-2023-70-2-74-81.
14. Чулков А.С., Шибряева Л.С. Параметры кассеты для роботизированного загрузочного устройства селекционной сеялки // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2024. Т. 18. № 2. С. 92–97. DOI: 10.22314/2073-7599-2024-18-2-92-97.
15. Yaropud V., Datsiuk D. By improving breeding seeder sowing device small seeded crops // Vibrations in engineering and technology. 2021. Vol. 1(100). Pp. 152–162. DOI: 10.37128/2306-8744-2021-1-15.

References

1. Aniskin V.I., Nekipelov Yu.F. Mechanization of experimental work in selection, variety testing and primary seed production of grain and leguminous crops: monograph. Moscow: All-Russian Research Institute of Agricultural Mechanization Publishers; 2004. 200 p. (In Russ.).
2. Beylis V.M., Tsench Yu.S., Korotchenya V.M. et al. Trends in the development of advanced machine technologies and techniques in agricultural production. *Vestnik VIESKh*. 2018;4(33):150-156. (In Russ.).
3. GOST P 60.0.0.4-2019/ISO 8373:2012. Robots and robotic devices. Term and definitions. (Vocabulary, IDT). Moscow: Standartinform Publishers; 2019. 27 p. (In Russ.).
4. Zhalnin E.V. Revive breeding and seed production. *Sel'skiy Mechanizator*. 2014;7:4-5. (In Russ.).
5. Izmailov A.Yu. Intelligent technologies and robotic means in agricultural production. *Herald of the Russian Academy of Sciences*. 2019;89(2):209-210. DOI: 10.31857/S0869-5873895536-538. (In Russ.).
6. Lachuga Yu.F., Izmailov A.Yu., Lobachevsky Ya.P. et al. Scientific and technical results of agro-engineering scientific institutions for the production of main groups of agricultural products. *Machinery and equipment for rural areas*. 2021;4(286):2-11. (In Russ.).
7. Lobachevsky Ya.P., Dorokhov A.S. Digital technologies and robotic devices in the agriculture. *Agricultural machinery and technologies*. 2021;15(4):6-10. DOI: 10.22314/2073-7599-2021-15-4-6-10. (In Russ.).
8. Nesmiyan A.Yu., Tsench Yu.S. Tendencies and prospects for the development of domestic machinery for sowing grain crops. *Agricultural machinery and technologies*. 2018;12(3):45-52. (In Russ.).
9. OST 46-72-78. Parameters of the experimental field, planting scheme and requirements for type of sowing and harvesting machines in breeding, variety testing and primary seed-growing of grains and legumes. Requirements to schemes of sowing, harvesting and type of sowing and harvesting machines. Moscow: 1978; 33 p. (In Russ.).
10. OST 46-73-78. Parameters of the experimental field, planting scheme and requirements for type of sowing and harvesting machines in breeding, variety testing and primary seed-growing of grains and legumes. Parameters of elements of the experimental field by work stages. Moscow: 1978. 33 p. (In Russ.).
11. Pshikhopov V.Kh., Medvedev M.Yu., Kostyukov V.A. et al. Design of robots and robotic systems: study guide. Rostov-on-Don: Southern Federal University Publishers; 2014. 195 p. (In Russ.).
12. Robotic cassette loading device of a carousel type for a selective seeder: Pat. 2806909 Russian Federation. No. 2023113652; claimed 25.05.2023; published 08.11.2023, Bulletin No. 31. 6 p. (In Russ.).
13. Chulkov A.S., Shaykhov M.M., Chaplygin M.E. et al. Cassette loading units for hanging devices of breeding seeders. *Electrical technology and equipment in the Agro-Industrial Complex*. 2023;70:2(51):74-81. DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-2-74-81. (In Russ.).
14. Chulkov A.S., Shibryaeva L.S. Parameters of a robotic loading device for selection seeder. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2024;18(2):92-97. DOI: 10.22314/2073-7599-2024-18-2-92-97. (In Russ.).
15. Yaropud V., Datsiuk D. By improving breeding seeder sowing device small seeded crops. *Vibrations in engineering and technology*. 2021;1(100):152-162. DOI: 10.37128/2306-8744-2021-1-15.

Информация об авторах

А.С. Чулков – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории «Технологии и машины для посева и уборки зерна и семян в селекции и семеноводстве», ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», andrei.chulkov@mail.ru.

М.Е. Чаплыгин – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, зав. лабораторией «Технологии и машины для посева и уборки зерна и семян в селекции и семеноводстве», ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0031-6868>, Researcher ID: AAZ-6056-2020, misha2728@yandex.ru.

М.М. Шайхов – ведущий специалист лаборатории «Технологии и машины для посева и уборки зерна и семян в селекции и семеноводстве», ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», mars.shaihov@yandex.ru.

Information about the authors

A.S. Chulkov, Candidate of Engineering Sciences, Leading Research Scientist, Laboratory of Technologies and Machines for Sowing and Harvesting Grain and Seeds in Breeding and Seed Production, Federal Scientific Agroengineering Center VIM, andrei.chulkov@mail.ru.

M.E. Chaplygin, Candidate of Engineering Sciences, Leading Research Scientist, Head of the Laboratory of Technologies and Machines for Sowing and Harvesting Grain and Seeds in Breeding and Seed Production, Federal Scientific Agroengineering Centre VIM, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0031-6868>, Researcher ID: AAZ-6056-2020, misha2728@yandex.ru.

M.M. Shaykhov, Leading Specialist, Laboratory of Technologies and Machines for Sowing and Harvesting Grain and Seeds in Breeding and Seed Production, Federal Scientific Agroengineering Center VIM, mars.shaihov@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию 12.07.2024; одобрена после рецензирования 16.08.2024; принята к публикации 28.08.2024.

The article was submitted 12.07.2024; approved after reviewing 16.08.2024; accepted for publication 28.08.2024.

© Чулков А.С., Чаплыгин М.Е., Шайхов М.М., 2024