УДК 631.331
CC BY
DOI 10.22314/2073-7599-2022-16-2-56-61

Определение показателей ленто-кассетного высевающего устройства для селекционного посева зерновых культур колосьями

Михаил Евгеньевич Чаплыгин,
кандидат технических наук, старший научный сотрудник, e-mail: misha2728@yandex.ru;
Марсель Марселевич Шайхов,
ведущий специалист,
e-mail: mars.shaihov@yandex.ru;
Андрей Сергеевич Чулков,
кандидат технических наук,
e-mail: andrei.chulkov@mail.ru;
Алексей Викторович Подзоров,
научный сотрудник,
e-mail: alexvp900@yandex.ru

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

Реферат. Отметили высокую эффективность посева зерновых культур колосьями в селекции и первичном семеноводстве. Выявили, что сеялка с рабочими органами для посева колосьями поможет значительно (до 8 раз) снизить трудоемкость в сравнении с использованием ручного труда, при обеспечении сохранения чистоты сорта. (*Цель исследования*) Разработать рабочую секцию сеялки с ленто-кассетным высевающим устройством для посева колосьями зерновых колосовых культур в селекционных и семеноводческих питомниках, обосновать параметры высевающего аппарата, необходимые при проектировании многосекционной колосовой сеялки. (*Материалы и методы*) В ходе экспериментов предложили принципиальную схему, программу и методику испытаний рабочей секции кассетной сеялки для посева колосьями. Исследовали образец посевной секции в лабораторных условиях. Изучили возможности обеспечения чистоты сорта в условиях естественного осыпания зерен. Использовали техническое решение высева колосьев в капсулах. (*Результаты и обсуждение*) Предложили оснастить кассетное высевающее устройство сеялки приспособлением для выталкивания капсулы с колосом из ячейки кассетной ленты. Разработали макетный образец секции колосовой сеялки. Проверили работу ленто-кассетного высевающего устройства. (*Выводы*) Установили рациональные параметры ячеек кассетной ленты: внутренний диаметр – 2,3-2,5 сантиметра, длина – 14,0-16,5 сантиметра, расстояние между осями – 3-4 сантиметра. Получили формулу для расчета количества ячеек в кассетной ленте в зависимости от числа витков ленты в кассете. Разработали исходные требования и техническое задание на экспериментальный образец секции колосовой сеялки. Обобщили данные для проектирования многосекционной сеялки для посева колосьями.
Ключевые слова: селекционная сеялка, семеноводство, посев зерновых, сеялка для посева колосьями, колосовая сеялка, ленто-кассетное высевающее устройство, капсульный высев колосьев, капсулы с высеваемым материалом.

Для цитирования: Чаплыгин М.Е., Шайхов М.М., Чулков А.С., Подзоров А.В. Определение показателей ленто-кассетного высевающего устройства для селекционного посева зерновых культур колосьями // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2022. Т. 16. N2. С. 56-61. DOI 10.22314/2073-7599-2022-16-2-56-61. EDN ACSMII.

Specifying the Indicators of a Breeding Tape-Cassette Sowing Device for Sowing Grain Crops by Ears

Mikhail E. Chaplygin,
Ph.D.(Eng.), senior researcher,
e-mail: misha2728@yandex.ru;
Marsel' M. Shaykhov,
leading specialist,
e-mail: mars.shaihov@yandex.ru;
Andrey S. Chulkov,
Ph.D.(Eng.),
e-mail: andrei.chulkov@mail.ru;
Aleksey V. Podzorov,
researcher,
e-mail: alexvp900@yandex.ru

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

Abstract. A high efficiency of sowing grain crops by ears was noted in breeding and primary seed production. It was found that a seeder with working bodies for sowing by ears helps to significantly (up to 8 times) reduce labor intensity as well as maintain the variety purity in comparison with the use of manual labor. (*Research purpose*) To develop a seeder working section with a

tape-cassette sowing device for sowing grain crops by ears in breeding and seed nurseries, and to substantiate the sowing device parameters necessary for the design of a multi-section grain seeder. (*Materials and methods*) In the course of the experiments, the authors proposed a schematic diagram, a program and a method for testing a cassette seeder working section for sowing by ears. A sample of the seed section was examined in the laboratory. The ways of ensuring the variety purity in conditions of grain natural shedding were studied. A technology of sowing ears in capsules was used. (*Results and discussion*) It was proposed to equip the seeder cassette sowing device with a device for pushing the capsule with the ear out of the cassette tape cell. A mock-up model of a spiked seed drill section was developed. The operation of the tape-cassette sowing device was checked. (*Conclusions*) The advisable parameters of the cassette tape cells specified are as follows: the inner diameter is 2.3-2.5 centimeters, the length is 14.0-16.5 centimeters, the distance between the axes is 3-4 centimeters. A formula for calculating the number of cells in a cassette tape was obtained depending on the number of tape turns in the cassette. The initial requirements and terms of reference were developed for the experimental sample of the grain drill section. The data were summarized to design a multi-section seeder for sowing with ears.

Keywords: breeding seeder, seed production, grain crops sowing, seeder for sowing by ears, ear seeder, tape-cassette sowing device, capsule sowing of ears, capsules with seeded material.

For citation: Chaplygin M.E., Shaykhov M.M., Chulkov A.S., Podzorov A.V. Opredelenie pokazateley lento-kassetnogo vysevayushchego ustroystva dlya selektsionnogo poseva zernovykh kul'tur kolos'yami [Specifying the indicators of a breeding tape-cassette sowing device for sowing grain crops by ears]. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2022. Vol. 16. N2. 56-61 (In Russian). DOI 10.22314/2073-7599-2022-16-2-56-61. EDN ACSMII.

Установлена высокая эффективность посева зерновых колосовых культур колосьями в селекционных питомниках 1-го года и питомниках испытаний потомств 1-го года первичного семеноводства [1-3]. В ФНАЦ ВИМ и других ведущих организациях сельскохозяйственного машиностроения разработано много моделей машин и устройств для различных этапов селекционных работ [4-6]. Наряду с рядовым, многие другие способы посева находят применение в селекции и семеноводстве зерновых культур [4, 7, 8]. Разработка специальной сеялки для посева колосьями позволит повысить производительность труда, снизить трудоемкость этого метода на делянках до 8 раз в сравнении с использованием ручного труда, при обеспечении сохранения чистоты сорта, а также сократить время выведения новых сортов [9, 10].

Цель исследования – разработать рабочую секцию сеялки с ленто-кассетным высевающим устройством для посева колосьями зерновых колосовых культур в селекционных и семеноводческих питомниках, обосновать параметры высевающего аппарата для их использования при проектировании 2-4-секционной колосовой сеялки.

Материалы и методы. Разработали принципиальную схему, программу и методику испытаний рабочей секции кассетной сеялки для посева колосьями. Предложили ленто-кассетное высевающее устройство (ЛКВУ) для высева колосьев (Патент РФ № 2697498 «Сеялка для посева зерновых культур колосьями»). Вывели математические формулы зависимостей между параметрами ЛКВУ. Расчеты и построение графиков полученных зависимостей выполнили с использованием программных средств *Microsoft Excel*. Провели исследование образца высевающей секции сеялки в лабораторных условиях почвенного канала, оснащенного мобильной платформой [10, 11].

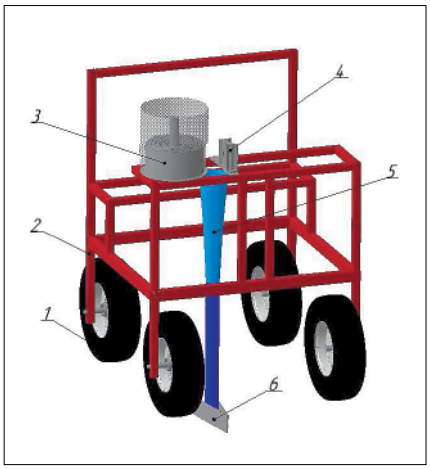

Рис. 1. Схема макетного образца секции сеялки для посева колосьями с ленто-кассетным высевающим устройством: 1 – опорно-приводное колесо; 2 – рама сеялки; 3 – кассетная катушка с лентой для колосьев; 4 – лентопротяжный механизм; 5 – колосопровод с приемной воронкой; 6 – сошник

Fig. 1. Scheme of mock-up model of a seeder section with a tape-cassette sowing device for sowing by ears: 1 – support-drive wheel; 2 – seeder frame; 3 – cassette coil with tape for ears; 4 – tape drive mechanism; 5 – spike duct with a receiving funnel; 6 – coulter

На раме макетного образца смонтированы рабочий стол, элементы системы привода лентопротяжного механизма, колосопровод, сошник с приспособлением регулирования глубины хода и подъема, выравнивающее устройство, сиденье, подножная доска (*рис. 1*). На рабочем столе размещается ЛКВУ, в состав которого входит кассета (кассетная катушка в обойме), кассетная лента с ячейками под высеваемый

материал, лентопротяжный механизм и приспособление для приема кассетной ленты в процессе ее схода с катушки и прохождения через захватывающие элементы лентопротяжного механизма.

Кассетная лента для размещения колосьев выполнена в виде «патронташа» с вертикальными цилиндрическими сквозными ячейками с гладкой внутренней поверхностью. Перед посевом у колосьев необходимо укоротить подколосовые ножки и ости. Эту операцию выполняют с использованием ножа или ножниц или с применением настольного приспособления для «группового» подрезания. Параметры ячеек кассетной ленты должны соответствовать показателям подготовленного к механическому высеву посевного материала.

Макетный образец секции колосовой сеялки укомплектовали сошником полосного посева. Актуализировали исходные требования и техническое задание на экспериментальный образец секции сеялки.

Результаты и обсуждение. Для обеспечения чистоты сорта в условиях естественного осыпания зерен с колосьев предложили использовать техническое решение капсульного высева колосьев. Капсула – посевной материал (семена, зерна, колосья, гранулы удобрений и др.), помещенный в быстроразлагаемую оболочку, предназначенный для машинного высева, например из кассетных носителей с ячейками. Определенные форма и размеры ячеек обеспечивают фиксацию капсул в носителе. В качестве носителя использовали кассетную ленту. Для гарантированного опорожнения цилиндрической ячейки ленты ЛКВУ оснастили приспособлением для выталкивания капсулы (Патент РФ № 2736060 «Сеялка для капсульного посева сельхозкультур»). При этом обеспечивается более быстрое прохождение высеваемого материала через ячейку ленты в воронку в сравнении с его свободным выпадением из ячейки. Указанное приспособление может быть механическим или пневматическим. Использование приспособления механического типа требует наличия прерывистого режима работы лентопротяжного механизма, что должно обеспечиваться соответствующей конструкцией привода высевающего аппарата. В случае привода лентопротяжного механизма от опорно-приводного колеса предпочтительнее выталкиватель пневматического типа, более простой в техническом исполнении и надежный в работе.

Вариант выполнения лентопротяжного механизма ЛКВУ с применением захватывающих элементов в виде звездочек представлен схемой (*рис. 2*).

Рациональные значения параметров кассетной ленты должны отвечать размерам и форме высеваемого материала (колосьев, капсул) и требованию его свободного прохождения сквозь ячейки ленты и компактной сворачиваемости ленты в рулон. Установлены следующие рациональные значения параметров ленты: внутренний диаметр ячейки – 2,3-2,5 см, внешний диаметр ячейки – 2,5-2,7 см, длина ячеек – 14,0-16,5 см, расстояние между осями соседних ячеек в ленте – 3,0-4,0 см.

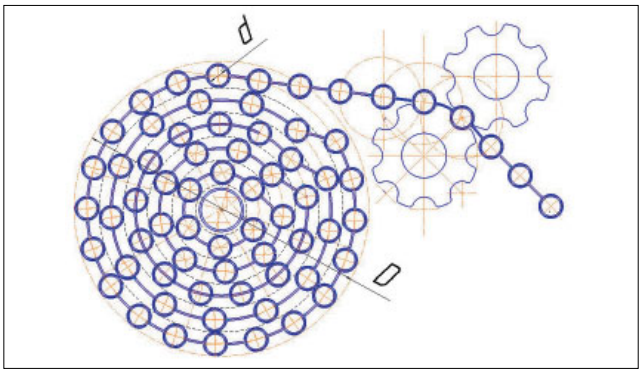

Рис. 2. Кассетная лента с ячейками для колосьев и лентопротяжный механизм, выполненный с применением приводных звездочек: D – диаметр основания кассетной катушки; d – внутренний диаметр ячейки ленты

Fig. 2. A cassette tape with cells for ears and a tape drive mechanism made using drive sprockets: D is the diameter of the cassette coil base; d is the inner diameter of the tape cell

Количество ячеек в ленте при фиксированном расстоянии между их осями зависит от ее длины. Длина ленты соответствует определенному количеству оборотов (витков) вокруг стержня кассетной катушки. Количество витков в рулоне зависит от диаметров основания и стержня кассетной катушки и толщины ленты (определяемой диаметром ее ячеек).

Для оценки количества ячеек под высеваемый материал в кассетной ленте рассмотрели модельную конструкцию ленты. Представили рулон ленты на кассетной катушке состоящим из соприкасающихся цилиндрических колец с общей осью, образующих вместе со стержнем кассетной катушки многослойное цилиндрическое тело.

Определим на основе принятой модели формулу для оценки количества ячеек в кассетной ленте:

$$N_k = \underline{Z}[(L_k/l)], \quad (1)$$

где N_k – оценка количества ячеек в k-слойном рулоне ленты, шт.;

L_k – оценка длины k-слойного рулона ленты, намотанной на стержень кассетной катушки, см;

l – шаг распределения ячеек по длине ленты, равный расстоянию между осями соседних ячеек, см;

$Z[X]$ – обозначение функции «целая часть числа X».

Имеем:

$$L_k = C_1 + C_2 + \ldots + C_k,$$

где C_i – оценка длины ленты в i-м витке (слое) (i = 1, ..., k) на кассетной катушке, см.

Для соседних слоев ленты получим:

$$C_i = 2\Pi R_i = 2\Pi[R_{ст} + (d+2s)(i - 0{,}5)]; \quad (2)$$

$$C_{i+1} = 2\Pi R_{i+1} = 2\Pi[R_{ст} + (d+2s)(i + 0{,}5)]\,, \quad (3)$$

где $\Pi \approx 3{,}14$;

R_i – радиус i-го слоя ленты, см;

$R_{ст}$ – радиус стержня катушки, см;

$d = D_{яч}$ – диаметр ячеек ленты, см;

s – толщина стенки ячейки, см (при этом толщина слоя ленты на катушке $S_{сл} = d + 2s$, см).

Используя (2) и (3), получим:

$C_{i+1} - C_i = 2\Pi(d+2s) = = 2\Pi S_{сл} = const.$

Следовательно, (C_n): $C_1, C_2, \ldots, C_k, \ldots$ – арифметическая прогрессия, величина $2\Pi S_{сл}$ – разность арифметической прогрессии (C_n), при этом ее первый член:

$$C_1 = 2\Pi R_1 = 2\Pi R_{ст} + \Pi(d + 2s). \quad (4)$$

Тогда, поскольку $L_k = 0{,}5(C_1 + C_k)k$, с учетом (2) и (4), получаем:

$$L_k = [2\Pi R_{ст} + \Pi(d + 2s)k]k,$$

и в итоге:

$$L_k = \Pi(d + 2s)k^2 + 2\Pi R_{ст}k. \quad (5)$$

Подставляя выражение (5) в формулу (1), получаем искомую оценку количества ячеек в k-слойном рулоне ленты на кассетной катушке:

$$N_k = Z[(\Pi(d +2s)k^2 + 2\Pi R_{ст}k)/l]. \quad (6)$$

Соответствующий диаметр D, м, «размещения» k слоев ленты на основании кассетной катушки оценивается по формуле:

$$D = 2(R_{ст} + (d + 2s)k) = 2(R_{ст} + S_{сл}k). \quad (7)$$

Длина L, м, возможного непрерывного посева зерновой культуры колосьями на делянке с использованием одного k-слойного рулона кассетной ленты вычисляется по формуле:

$$L = N_k/N, \quad (8)$$

где N – плотность (норма) высева колосьев (капсул) в полосу посевной борозды, шт./м.

С использованием формул (5)-(8) выполнены оценочные расчеты длины кассетной ленты, количества ячеек в ней, необходимого диаметра основания кассетной катушки для размещения ленты и длины соответствующего непрерывного посева на делянке в зависимости от количества витков ленты (*таблица*). Исходные данные для расчетов: норма высева $N = 3$ шт./м и выбранные рациональные значения параметров кассетной катушки и ленты – $R_{ст} = 2{,}5$ см; $d = 2{,}3$ см; $s = 0{,}1$ см; $l = 3{,}5$ см. Для указанных значений параметров выведена приближенная формула зависимости возможной длины L непрерывного посева (в соответствии с ним устанавливают длину делянки) от диаметра D основания кассетной катушки (для значений диаметра, кратных 0,05 м: 0,10; 0,15; 0,20; …) (*рис. 3*):

$$L(D) \approx 299{,}1 \cdot D^2 - 0{,}7476. \quad (9)$$

Результаты контрольных вычислений по формуле (9): $L(0{,}10) \approx 2{,}24$ м; $L(0{,}30) \approx 26{,}17$ м; $L(0{,}45) \approx 59{,}82$ м; $L(0{,}50) \approx 74{,}03$ м; $L(0{,}55) \approx 89{,}73$ м.

Таблица / Table

Зависимость параметров ленто-кассетного высевающего устройства от количества витков ленты в кассете
Dependence between the parameters of the tape-cassette sowing device and the number of tape turns in the cassette

Количество витков ленты, шт. Number of tape turns, pcs.	Длина кассетной ленты, см Cassette tape length, cm	Количество ячеек в ленте, шт. Number of cells in the tape, pcs.	Диаметр основания катушки, см Coil base diameter, cm	Длина непрерывного посева, м Continuous sowing length, m
1	23,5	6	10	2
2	63	18	15	6
3	118	33	20	11
4	188	54	25	18
5	275	78	30	26
6	377	108	35	36
7	495	141	40	47
8	628	180	45	60

Полученные табличные данные – удобный оценочный инструмент при подборе типоразмеров катушечной кассеты с лентой, подходящих для засева делянок заданной длины. Так, при посеве культуры колосьями с нормой высева 3 шт./пог. м на делянках длиной 10 м подойдут катушки ЛКВУ с диаметром основания 20 см. При этом длина «3-виткового» рулона кассетной ленты (118 см) такова, что на ней размещается до 33 колосьев. Для посева на делянке длиной 50 м можно использовать катушки с диаметром основания 30 см – две сменные катушки на каждую посевную борозду (*таблица*).

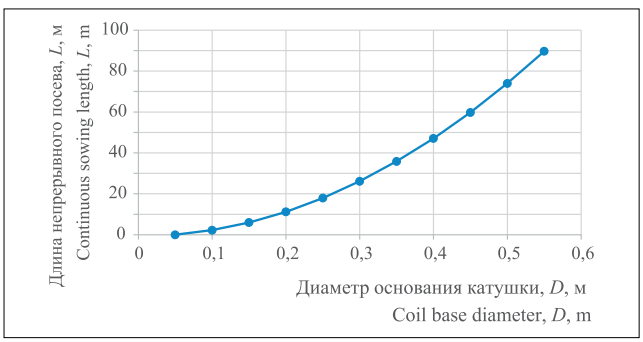

Рис. 3. Зависимость длины непрерывного посева от диаметра основания катушки

Fig. 3. Dependence of the continuous sowing length on the coil base diameter

Для комплектования секции сеялки необходим сошник, способный обеспечить формирование на глубине 5-8 см семяложа для укладки колосьев с плоским плотным дном шириной 6-8 см. Это требование может быть выполнено достаточно полно при использовании, например, анкерного клиновидного сошника, а также однодисково-анкерного сошника полосного посева (типа сошников, устанавливаемых на универсальной зернотуковой сеялке СУЗТ-4, или с регулируемой шириной полосы высева) [12-14].

Выводы. Разработали макетный образец рабочей секции сеялки для посева зерновых культур колосьями. Провели лабораторную проверку работы ленто-кассетного высевающего устройства для высева селекционного материала. Для обеспечения гарантированного опорожнения ячейки кассетной ленты с капсулой предложили оснастку ЛКВУ выталкивателем посевного материала. Установили рациональные значения параметров кассетной ленты: внутренний диаметр ячейки ленты – 2,3-2,5 см, длина ячеек – 14,0-16,5 см, расстояние между осями ячеек – 3-4 см. Получили формулу зависимости количества ячеек в кассетной ленте от числа витков ленты в кассете и формулу для расчета длины непрерывного посева в зависимости от диаметра основания кассетной катушки. Разработали исходные требования и техническое задание на экспериментальный образец секции колосовой сеялки. Получили данные для проектирования многосекционной сеялки для посева колосьями.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Грабовец А.И., Фоменко М.А. Озимая пшеница. Ростов н/Д: Юг. 2007. 600 с.
2. Анискин В.И., Некипелов Ю.Ф. Механизация опытных работ в селекции, сортоиспытании и первичном семеноводстве зерновых и зернобобовых культур. М.: ВИМ. 2004. 200 с.
3. Lavrov A., Smirnov I., Litvinov M. Justification of the construction of a self-propelled selection seeder with an intelligent seeding system. MATEC Web of Conferences: 2018. International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment, ICMTMTE. 2018. 05011.
4. Шайхов М.К., Сизов О.А., Шайхов М.М. и др. Универсальная селекционно-фермерская сеялка // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2014. Т. 8. N3. С. 39-43.
5. Yaropud V., Datsiuk D. By improving breeding seeder sowing device small seeded crops. *Vibrations in engineering and technology*. 2021. 1. 152-162.
6. Zhu Q., Wu G., Chen L., Zhao C., Meng Z., Shi J. Structural design and optimization of seed separated plate of wheat wide-boundary sowing device. Nongye Gongcheng Xuebao. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*. 2019. 35(1). 1-11.
7. Goryanin O., Zudilin S., Medvedev I., Dzhangabaev B., Shcherbinina E., Pronovich L. Agrotechnological Fundamentals of Direct Sowing of Grain Crops in Russia's Arid Conditions. *Revista Gestão Inovação e Tecnologias*. 2021. 11. 204-215.
8. Beloev H., Borisov B., Adamchuk V., Petrychenko I. Theory of Movement of the Combined Seeding Unit. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*. 2015. N7. 21-26.
9. Шайхов М.К., Жалнин Э.В., Шайхов М.М., Блохин В.И. К разработке селекционной сеялки для посева зерновых культур колосьями // *Вестник ВИЭСХ*. 2018. N3(32). С. 114-120.
10. Podzorov A., Shaikhov M., Khamuev V., Podzorova M. Machines and Equipment for Sowing Grain Crops on Plots of the I and II Stages of Selection Work. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2022. 988.
11. Абросимов А.Г., Соловьев С.В., Бахарев А.А., Ланцев В.Ю., Завражнов А.А., Дергачев Д.В. Исследование дискового высевающего аппарата и обоснование его параметров // *Научный журнал КубГАУ*. 2020. N156(02). С. 1-10.
12. Шайхов М.М., Шайхов М.К. Рабочие органы зернотуковой сеялки с регулируемой шириной полосы высева // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2019. N1(34). С. 68-72.
13. Ахалая Б.Х., Ценч Ю.С., Миронова А.В. Разработка и исследование дозирующей системы высевающего устройства пневматической сеялки // *Техника и оборудование для села*. 2021. N6(288). С. 8-11.
14. Несмиян А.Ю., Ценч Ю.С. Тенденции и перспективы развития отечественной техники для посева зерновых культур // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2018. Т. 12. N3. С. 45-52.

REFERENCES

1. Grabovets A.I., Fomenko M.A. Ozimaya pshenitsa [Winter wheat]. Rostov on Don: Yug. 2007. 600 (In Russian).
2. Aniskin V.I., Nekipelov Yu.F. Mekhanizatsiya opytnykh rabot v selektsii, sortoispytanii i pervichnom semenovodstve zernovykh i zernobobovykh kul'tur [Mechanization of experimental work in breeding, variety testing and primary seed production of grain and leguminous crops]. Moscow: VIM. 2004. 200 (In Russian).
3. Lavrov A., Smirnov I., Litvinov M. Justification of the construction of a self-propelled selection seeder with an intelligent seeding system. MATEC Web of Conferences: 2018 International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment, ICMTMTE. 2018. 05011 (In English).

4. Shaykhov M.K., Sizov O.A., Shaykhov M.M., et al. Universal'naya selektsionno-fermerskaya seyalka [Universal selection and farmer seeder]. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2014. Vol. 8. N3. 39-43 (In Russian).
5. Yaropud V., Datsiuk D. By improving breeding seeder sowing device small seeded crops. *Vibrations in engineering and technology*. 2021. 1. 152-162 (In English).
6. Zhu Q., Wu G., Chen L., Zhao C., Meng Z., Shi J. Structural design and optimization of seed separated plate of wheat wide-boundary sowing device. Nongye Gongcheng Xuebao. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*. 2019. 35(1). 1-11 (In English).
7. Goryanin O., Zudilin S., Medvedev I., Dzhangabaev B., Shcherbinina E., Pronovich L. Agrotechnological Fundamentals of Direct Sowing of Grain Crops in Russia's Arid Conditions. *Revista Gestão Inovação e Tecnologias*. 2021. 11. 204-215 (In English).
8. Beloev H., Borisov B., Adamchuk V., Petrychenko I. Theory of Movement of the Combined Seeding Unit. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*. 2015. N7. 21-26 (In English).
9. Shaykhov M.K., Zhalnin E.V., Shaykhov M.M., Blokhin V.I. K razrabotke selektsionnoy seyalki dlya poseva zernovykh kul'tur kolos'yami [To development of selection seeder for sowing grain cultures by ears]. *Vestnik VIESH*. 2018. N3(32). 114-120 (In Russian).
10. Podzorov A., Shaikhov M., Khamuev V., Podzorova M. Machines and Equipment for Sowing Grain Crops on Plots of the I and II Stages of Selection Work. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2022. 988 (In English).
11. Abrosimov A.G., Solov'ev S.V., Bakharev A.A., Lantsev V.Yu., Zavrazhnov A.A., Dergachev D.V. Issledovanie diskovogo vysevayushchego apparata i obosnovanie ego parametrov [Studying a disk sowing device and justification of its parameters]. *Nauchnyy zhurnal KubGAU*. 2020. N156(02). 1-10 (In Russian).
12. Shaykhov M.M., Shaykhov M.K. Rabochie organy zernotukovoy seyalki s reguliruemoy shirinoy polosy vyseva [Working parts of grain-fertilizer drill with adjustable width of the seeding strip]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2019. N1(34). 68-72 (In Russian).
13. Akhalaya B.Kh., Tsench Yu.S., Mironova A.V. Razrabotka i issledovanie doziruyushchey sistemy vysevayushchego ustroystva pnevmaticheskoy seyalki [Development and research of the dosing system of the pneumatic seeder sowing device]. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*. 2021. N6(288). 8-11 (In Russian).
14. Nesmiyan A.Yu., Tsench Yu.S. Tendentsii i perspektivy razvitiya otechestvennoy tekhniki dlya poseva zernovyh kul'tur [Trends and prospects of development of domestic equipment for sowing grain crops]. *Sel'skohozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2018. Vol. 12. N3. 45-52 (In Russian).

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Заявленный вклад соавторов:

Чаплыгин М.Е. – научное руководство, разработка теоретических предпосылок, формулирование основных целей и задач исследования, доработка текста, формирование общих выводов.

Шайхов М.М. – анализ литературных источников, формирование частных выводов, обоснование и расчет показателей высевающего устройства, обработка результатов исследования, итоговая переработка статьи.

Чулков А.С. – составление начального варианта статьи, визуализация результатов исследования, доработка текста и оформление материалов, формирование общих выводов.

Подзоров А.В. – разработка теоретических предпосылок, подготовка и проведение экспериментальных исследований макетного образца, обработка результатов исследования, формирование общих выводов.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Coauthors' contribution:

Chaplygin M.E. – scientific supervision, development of theoretical premises, formulating the main goals and objectives of the study, manuscript revision, formulating general conclusions.

Shaikhov M.M. –literature review, formulating partial conclusions, substantiation and calculation of the sowing device indicators, processing the research results, manuscript final revision.

Chulkov A.S. – preparation of the manuscript initial version, visualization of the research results, the manuscript revision and design of materials, formulating general conclusions.

Podzorov A.V. – developing theoretical premises, preparing and conducing the experimental studies of a mock-up sample, processing the research results, formulating general conclusions.

The authors read and approved the final manuscript.

Статья поступила в редакцию **The paper was submitted to the Editorial Office on** **18.02.2022**
Статья принята к публикации **The paper was accepted for publication on** **27.04.2022**