

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 631.331.8:633.2

DOI: 10.26897/2687-1149-2022-5-24-29

**СТЕНДОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ СЕЯЛКИ
ДЛЯ ПОСЕВА ГАЗОННЫХ ТРАВ****ПЛЯКА ВАЛЕРИЙ ИВАНОВИЧ**, канд. техн. наук, доцентplyaka@rgau-msha.ru; <http://orcid.org/0000-0002-9353-177X>**КАТКОВА СОФЬЯ МИХАЙЛОВНА**, инженер

sofya1212@yandex.ru

СЕРГЕЕВА НАТАЛЬЯ АНАТОЛЬЕВНА, старший преподавательsergeeva_nat@rgau-msha.ru; <http://orcid.org/0000-0001-7116-3526>

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

Аннотация. Для рационального движения посевного агрегата при посеве трав на газонах требуется, чтобы сеялка двигалась как по прямолинейной, так и по криволинейной траектории, позволяющей огибать возможные препятствия, сохраняя при этом равномерный высев. Для равномерного высева при движении сеялки по криволинейной траектории требуется, чтобы в почву поступало различное количество семян от катушек, двигающихся по различным радиусам. С целью проверки показателей неравномерности высева между аппаратами и неустойчивости общего высева при прямолинейном и криволинейном движении разработана и исполнена экспериментальная сеялка СВ-0,9, оснащенная высевающим аппаратом катушечного типа. Представлена методика стендовых испытаний определения показателя неравномерности высева между аппаратами для экспериментальной сеялки с учетом её возможностей обеспечивать равномерный высев как при прямолинейном, так и при криволинейном движении. Стендовые испытания экспериментальной сеялки проводили на семенах, различающихся между собой по физико-механическим свойствам: белом клевере и травосмеси «Спортивная». Площадь засева составляла 30 м². Результаты стендовых испытаний подтверждена линейная зависимость между числом желобков катушки и количеством высева. Установлено, что между аппаратами сеялки показатель неравномерности высева семян белого клевера составил 2,23...3,10%, а травосмеси – 3,97...4,79% при нормативе 8%. Показатель неустойчивости общего высева семян белого клевера составил 2,77%, для травосмеси «Спортивная» этот показатель составил 2,95% при нормативе 9%. Экспериментально подтверждена эффективность применения разработанной сеялки для равномерного высева трав на газонах.

Ключевые слова: сплошной посев, сеялка, высевающий аппарат, катушка, показатель неравномерности высева между аппаратами, показатель неустойчивости общего высева

Формат цитирования: Пляка В.И., Каткова С.М., Сергеева Н.А. Стендовые испытания экспериментальной сеялки для посева газонных трав // Агроинженерия. 2022. Т. 24, № 5. С. 24-29. <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2022-5-24-29>.

© Пляка В.И., Каткова С.М., Сергеева Н.А., 2022



ORIGINAL PAPER

STAND-TESTING OF AN EXPERIMENTAL SEED DRILL FOR SOWING LAWN GRASS**VALERIY I. PLYAKA**, PhD (Eng), Associate Professorplyaka@rgau-msha.ru; <http://orcid.org/0000-0002-9353-177X>**SOF'YA M. KATKOVA**, Engineer

sofya1212@yandex.ru

NATALIA A. SERGEEVA, Senior Lecturersergeeva_nat@rgau-msha.ru; <http://orcid.org/0000-0001-7116-3526>

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, 49 Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation

Abstract. The rational movement of a seeding unit when sowing lawn grasses requires the seed drill to move both along straight-line and curvilinear trajectories, thus enabling it to sideslip possible obstacles, while maintaining uniform sowing. To ensure uniform sowing during a curved path, a different amount of seed material is required to enter the soil from the seed wheels, which travel distances of different radii. To check the indices of the non-uniformity of sowing between units and the general variability of sowing at rectilinear and curvilinear movement, the experimental seed drill SV-0.9 equipped with the seeding unit of a reel type was developed and manufactured. It is capable of uniform sowing both at rectilinear and curvilinear movement. The authors present some stand test

methods for determining the rate of the non-uniformity of sowing between the units for the experimental seed drill with regard to its ability to provide uniform sowing both at rectilinear and curvilinear movement. Benchmark tests of the experimental seed drill were carried out on seeds with different physical and mechanical properties – white clover and grass mixture “Sportivnaya”. The sowing area was 30 m². The results of benchmark tests confirmed a linear relationship between the number of the reel grooves and the amount of sowing. It was found that between the units of the seed drill, the index of the non-uniformity of sowing of white clover seeds ranged between 2.23 and 3.10% and of grass mixture – 3.97 and 4.79%, the standard value being 8%. The variability index of the total sowing of white clover seeds was 2.77%; while for grass mixture “Sportivnaya”, this index was 2.95%, the standard value being 9%. The study experimentally confirmed the effectiveness of the developed seed drill for the uniform sowing of lawn grasses.

Keywords: close-growing sowing, seed drill, seeding unit, reel, inter-unit non-uniformity index, total sowing non-uniformity index

For citation: Plyaka V.I., Katkova S.M., Sergeeva N.A. Stand-testing of an experimental seed drill for sowing lawn grass. *Agricultural Engineering (Moscow)*, 2022; 24(5): 24-29. (In Rus.). <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2022-5-24-29>.

Введение. При посеве трав, в том числе трав для формирования газонов на приусадебных участках, основной проблемой является равномерность высева семян. Самым доступным способом посева на сегодняшний день остается посев вручную. Для получения ровного травяного покрова при посеве сеялкой применяют перекрестный способ посева, когда половину семян высевают вдоль участка, а вторую половину семян – поперек. На участках могут находиться альпийские горки, цветники, колодцы, водоемы, бассейны и т.д., что создает дополнительные неудобства для процесса посева семян трав. Поэтому требуется, чтобы сеялка двигалась не только по прямолинейной, но и по криволинейной траектории, позволяющей огибать возможные препятствия, сохраняя при этом качественные показатели посева [1-6].

Для равномерного высева при движении сеялки по криволинейной траектории требуется, чтобы на почву поступало различное количество семян от катушек, двигающихся по различным радиусам. Механическая зерновая сеялка, оснащенная высевающим аппаратом катушечного типа, которому свойственна линейная зависимость между числом желобков катушки и количеством высева, отвечает таким требованиям. Для равномерного высева могут подойти сеялка с индивидуальным приводом высевающего аппарата или сеялка с электрическим дозатором, но их применение значительно дороже и сложнее [7, 8].

Цель исследований: проверка показателей неравномерности высева между аппаратами и неустойчивости общего высева экспериментальной сеялкой при её прямолинейном и криволинейном движении.

Материалы и методы. Предлагаемая экспериментальная сеялка разработана в лаборатории кафедры «Сельскохозяйственные машины» Института механики и энергетики имени В.П. Горячкина РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева в сотрудничестве с Центром технологической поддержки образования [9].

Экспериментальная сеялка (рис. 1) состоит из рамы 1, первого вала 2 высевающего аппарата, который кинематически связан с ходовым колесом 3 сеялки, второго вала 4 высевающего аппарата, который кинематически связан с ходовым колесом 5 сеялки, катушек 6 с желобками, смонтированных на валах 2 и 4, в порядке возрастания по числу желобков. Высевающие аппараты разных групп образуют пары катушек 6, где суммарное число желобков для каждой пары остается постоянным и катушки 6 в паре дополняют друг друга, высевающие аппараты с одинаковым числом желобков являются равноудаленными от ходовых колес 3 и 5. Катушки 6 высевающих аппаратов на приводных валах 2 и 4 установлены вплотную друг к другу, обеспечивая сплошной посев. Над катушками 6 смонтирован эластичный элемент 7, который охватывает часть катушки 6 и предотвращает произвольное высыпание семян из бункера 8. Бункер оснащен устройством для перемешивания семян.

который охватывает часть катушки 6 и предотвращает произвольное высыпание семян из бункера 8. Бункер оснащен устройством для перемешивания семян.

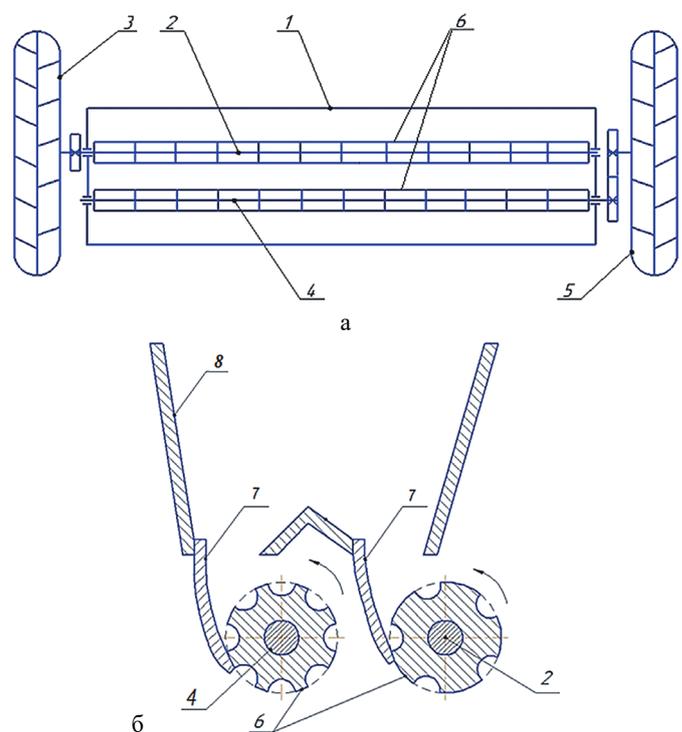


Рис. 1. Схема сеялки для сплошного высева:

- а – высевающий аппарат, вид сверху;
- б – высевающий аппарат, вид сбоку; 1 – рама;
- 2 – первый вал высевающего аппарата;
- 3 – левое приводное колесо;
- 4 – второй вал высевающего аппарата;
- 5 – правое приводное колесо; 6 – пара катушек аппарата;
- 7 – эластичный элемент; 8 – бункер для семян

Fig. 1. Schematic diagram of the seed drill for close-growing sowing:

- a – seeding unit, top view; b – seeding unit, side view;
- 1 – frame; 2 – first shaft of the seeding unit; 3 – left drive wheel;
- 4 – second shaft of the seeding unit; 5 – right drive wheel;
- 6 – pair of reels; 7 – elastic element; 8 – seed hopper

При движении сеялки по полю вращение от колес 3 и 5 передается на валы 2 и 4 с высевающими аппаратами, катушки 6 которых собраны на каждом валу в порядке возрастания числа желобков и плотно прилегают друг к другу. Эластичный элемент 7 прилегает к катушкам 6 и удерживает семена в бункере 8 от высыпания при остановке сеялки или при движении задним ходом. При вращении катушек 6 относительно неподвижного

эластичного элемента 7 семена, попавшие в желобки, освобождаются от действия эластичного элемента 7 и падают на поверхность почвы, совершая сплошной посев с сохранением качественных показателей. Дальняя от приводного колеса катушка 6 на валу высевающего аппарата имеет наименьшее количество желобков, а ближайшая катушка к приводному колесу имеет максимальное количество желобков. Следовательно, катушки высевающего аппарата каждого вала образуют различные по величине потоки семян, причём эти потоки изменяются по линейной зависимости. Суммарное количество желобков пары катушек первого и второго валов, высевающих семена на поверхность почвы, одинаково для всех пар катушек высевающего аппарата. При прямолинейном движении колеса сеялки 3 и 5 и валы 2 и 4 высевающих аппаратов вращаются с одной угловой скоростью. При этом высевы каждой пары катушек 6 высевающих аппаратов равны между собой. При движении сеялки по дуге колеса вращаются с разными угловыми скоростями. Валы высевающих аппаратов имеют различные угловые скорости и поэтому высевы каждой парой катушек 6 высевающих аппаратов в единицу времени различны. При этом наименьшим является высев у пары катушек 6 высевающих аппаратов, ближайших к опорно-приводному колесу, движущемуся по меньшему радиусу, а высевы остальных пар возрастают по линейной зависимости – пропорционально удалению от пары аппаратов с наименьшим высевом, причем высевы каждой пары на единицу пройденного пути равны между собой. Это обеспечивает равномерный высев семенного материала на поверхность почвы при криволинейном движении сеялки, а последовательное расположение катушек на валу без разрывов способствует выполнению сплошного посева.

Экспериментальная сеялка СВ-0,9 (рис. 2) имеет следующие характеристики:

- ширина захвата – 0,9 м;
- расстояние от высевающего аппарата до поверхности поля – 0,2 м;
- объём бункера – 0,01 м³;
- диаметр опорно-приводного колеса – 0,5 м;
- норма высева – 3...5 кг/100 м²;
- длина катушки – 75 мм;
- диаметр катушки – 34 мм;
- количество валов высевающего аппарата – 2 шт.;
- количество катушек на одном валу – 12 шт.;
- наименьшее число желобков на катушке 1 шт.;
- наибольшее число желобков на катушке – 12 шт.;
- материал для изготовления катушек – пластик АБС.

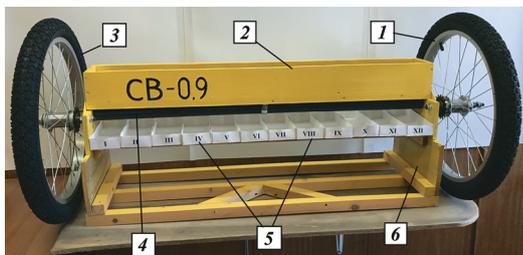


Рис. 2. Экспериментальная сеялка СВ-0,9:

- 1 – правое приводное колесо; 2 – бункер;
- 3 – левое приводное колесо; 4 – высевающий аппарат;
- 5 – лотки для приема проб; 6 – стенд

Fig. 2. Experimental seed drill SV-0.9:

- 1 – right drive wheel; 2 – hopper; 3 – left drive wheel;
- 4 – seeding unit; 5 – sample trays; 6 – test bench

Стендовые испытания экспериментальной сеялки проводили на семенах, существенно различающихся между собой по физико-механическим свойствам: белом клевере и травосмеси «Спортивная» (рис. 3).



Рис. 3. Высеваемый материал:

- 1 – травосмесь «Спортивная»; 2 – семена белого клевера

Fig. 3. Characteristics of the seeding material:

- 1 – grass mixture “Sportivnaya”; 2 – white clover seeds

Технологические свойства семян при стендовых испытаниях представлены в таблице 1.

При проведении опытов по проверке качества работы высевающего аппарата число оборотов опорно-приводных колес предлагают подбирать из расчета засева площади $S = 100 \text{ м}^2$, но так как ширина экспериментальной сеялки $B = 0,9 \text{ м}$, то и площадь засева сокращена до 30 м^2 .

Для прямолинейного движения сеялки число оборотов опорно-приводного колеса n_o определяли по формуле:

$$n_o = \frac{S}{\pi b n_k D},$$

где b – ширина катушки; n_k – число катушек высевающего аппарата одного вала; D – диаметр опорного колеса сеялки.

Для криволинейного движения сеялки n_o находили из выражения:

$$n_o = \frac{S(R \pm L/2)}{\pi D B R},$$

где R – радиус поворота сеялки (расстояние между центром окружности и кинематическим центром сеялки, который совпадает с её средней частью, движущейся по этой окружности); L – расстояние между линиями хода колес сеялки; B – ширина захвата сеялки; знак «+» – при движении опорно-приводного колеса по большему радиусу; знак «-» при его движении по меньшему радиусу.

После каждого опыта пробы семян взвешивались на электронных аналитических весах AND GR-200.

Сплошной посев предусматривает равномерное распределение семян по всей площади обрабатываемой сеялкой. Следовательно, для расчета показателя неравномерности высева между аппаратами необходимо знать площадь, засеваемую каждой парой катушек при движении сеялки по различным радиусам R . При этом площадь, засеваемую каждой парой катушек, определяли по формуле:

$$S_k = \frac{S \left(\left(R + \frac{B-b}{2} \right) - b(k-1) + \frac{b}{2} \right)^2 - \left(\left(R + \frac{B-b}{2} \right) - b(k-1) - \frac{b}{2} \right)^2}{2BR}.$$

где k – порядковый номер катушки.

Таблица 1

Характеристики высеваемого материала

Table 1

Characteristics of the seeding material

Наименование показателя <i>Indicator</i>	Высеваемый материал / <i>Seeding material</i>	
	Белый клевер / <i>White Clover</i>	Травосмесь «Спортивная» / <i>Grass Mixture "Sportivnaya"</i>
Состав <i>Composition</i>	Белый клевер 100% <i>White Clover 100%</i>	1. Тимофеевка луговая / <i>Meadow catmint</i> – 30% 2. Овсяница луговая / <i>Meadow fescue</i> – 30% 3. Райграс многолетний / <i>Perennial ryegrass</i> – 20% 4. Овсяница красная / <i>Red fescue</i> – 10% 5. Мятлик луговой / <i>Meadow bluegrass</i> – 10%
Чистота семян, % / <i>Seed purity, %</i>	96,7	95,63
Влажность семян, % / <i>Seed moisture, %</i>	12,97	12,45
Масса 1000 семян, г <i>Weight of 1000 seeds, g</i>	0,65	1. Тимофеевка луговая / <i>Meadow catmint</i> – 0,72 2. Овсяница луговая / <i>Meadow fescue</i> – 0,6 3. Райграс многолетний / <i>Perennial ryegrass</i> – 2,0 4. Овсяница красная / <i>Red fescue</i> – 0,67 5. Мятлик луговой / <i>Meadow bluegrass</i> – 0,25
Всхожесть семян, % / <i>Seed germination, %</i>	92,5	86,2

Результаты и их обсуждение. Графическое отображение результатов исследований по определению показателей

неравномерности высева между аппаратами и неустойчивости общего высева представлено на рисунке 4.

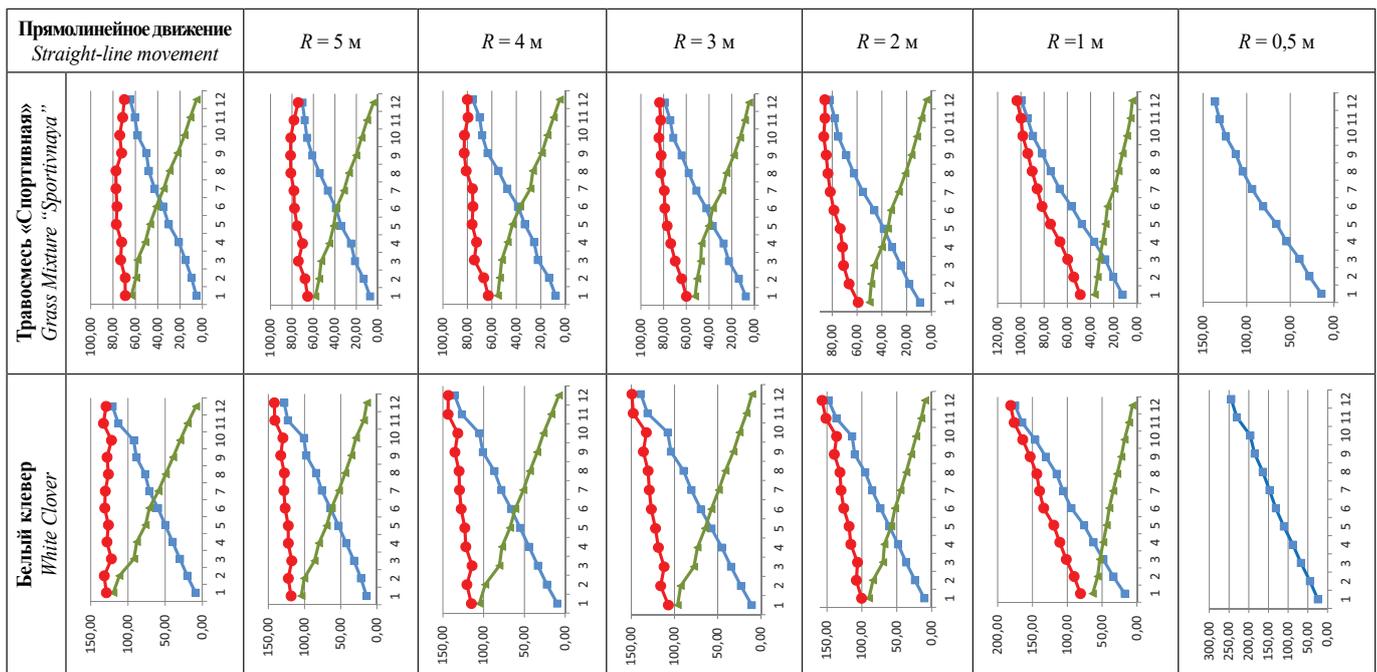


Рис. 4. Среднее значение массы высеянных семян (г) по ширине захвата сеялки в соответствии с номером катушки высевающего аппарата (1...12):

■ – первый вал; ▲ – второй вал; ● – суммарные показатели первого и второго валов высевающего аппарата

Fig. 4. Average value of sown seed weight (g) over the working width of the seed drill according to the number of the sowing unit reels (1...12):
■ – first shaft; ▲ – second shaft; ● – total of first and second shafts of the seeding unit

На графиках рисунка 4 по оси абсцисс указан номер катушки высевающего аппарата по ширине захвата сеялки, а по оси ординат представлено среднее значение массы высеянных семян по трём повторностям в граммах.

Представленные графические зависимости показывают, что неравномерность суммарного высева первым и вторым валами высевающего аппарата по ширине захвата сеялки возрастает с уменьшением радиуса поворота. При движении сеялки по радиусу R = 0,5 м высе

производится одним валом высевающего аппарата, так как поворот сеялки выполняется относительно неподвижного колеса.

При статистической обработке результатов стендовых испытаний экспериментальной сеялки на неравномерность высева между аппаратами массу семян суммарного высева каждой парой катушек высевающего аппарата разделили на площадь, засеваемую каждой парой. Результаты стендовых испытаний представлены в таблице 2.

Допускается расчет неравномерности высева между высевающими аппаратами по сеялке с получением среднего значения q_n , среднеквадратического отклонения σ и коэффициента вариации H_n по формулам^{1,2}:

$$q_n = \frac{\sum q}{n}; \quad \sigma = \sqrt{\frac{\sum(q - q_n)^2}{n - 1}}; \quad H_n = \frac{\sigma}{q_n} 100,$$

где $\sum q$ – масса семян, высеваемых всеми парами катушек; n – количество пар катушек; q – масса семян, высеянных каждой парой катушек.

По результатам стендовых испытаний показатель неравномерности высева между аппаратами при использовании семян белого клевера находился в пределах 2,23...3,10%, а при использовании травосмеси – 3,97...4,79% при нормативе 8%.

Улучшение показателя неравномерности высева между аппаратами экспериментальной сеялки в сравнении нормативными данными можно объяснить снижением порционности

высева при одновременной работе двух валов высевающего аппарата. Этим же объясняется некоторое увеличение показателя неравномерности высева между аппаратами при уменьшении радиуса поворота, при доминировании высева одного вала высевающего аппарата над другим.

Показатель неустойчивости общего высева H_p по сеялке рассчитывают из выражений:

$$q_p = \frac{\sum q_i}{p}; \quad \sigma = \sqrt{\frac{\sum(q_i - q_p)^2}{p - 1}}; \quad H_p = \frac{\sigma}{q_p} 100,$$

где q_i – масса семян, высеваемых всеми парами катушек в каждой повторности, г; p – количество повторностей; q_p – средняя масса семян, высеваемых всеми парами катушек, г.

Показатель неустойчивости общего высева при использовании семян белого клевера составил 2,77% (норма высева – 5,2 кг/100 м²), при посеве травосмеси «Спортивная» этот показатель составил 2,95% (норма высева – 3,1 кг/100 м²) при нормативе 9% (табл. 3).

Таблица 2

Статистические характеристики определения неравномерности высева между высевающими аппаратами

Table 2

Statistical characteristics of sowing non-uniformity between the seeding units

Траектория движения <i>Trajectory of movement</i>	Средняя масса семян, высеянных одним высевающим аппаратом (одной парой катушек), q_n , г <i>Average weight of seeds sown with one seeding unit (one pair of reels), q_n, gr</i>		Среднеквадратическое отклонение между аппаратами, σ , г <i>RMS deviation between units, σ, gr</i>		Коэффициент вариации, H_n , % <i>Variation coefficient, H_n, %</i>	
	Белый клевер <i>White Clover</i>	Травосмесь «Спортивная» <i>Grass Mixture "Sportivnaya"</i>	Белый клевер <i>White Clover</i>	Травосмесь «Спортивная» <i>Grass Mixture "Sportivnaya"</i>	Белый клевер <i>White Clover</i>	Травосмесь «Спортивная» <i>Grass Mixture "Sportivnaya"</i>
Прямолинейное / <i>Straight-line movement</i>	154,01	88,09	4,12	3,81	2,68	4,33
$R = 5$ м	153,37	90,53	3,42	4,15	2,23	4,59
$R = 4$ м	153,71	90,97	3,54	3,61	2,31	3,97
$R = 3$ м	152,81	91,72	3,99	4,03	2,61	4,40
$R = 2$ м	152,08	93,16	3,64	3,74	2,39	4,02
$R = 1$ м	160,75	96,75	4,68	4,39	2,91	4,54
$R = 0,5$ м	165,28	99,99	5,13	4,79	3,10	4,79

Таблица 3

Статистические характеристики определения неустойчивости общего высева высевающим аппаратом при движении экспериментальной сеялки по различным траекториям

Table 3

Statistical Characteristics of the total sowing variability index of the seeding unit when the experimental seed drill moves along different trajectories

Культура <i>Crop</i>	Масса высеянных семян всеми аппаратами, г / <i>Weight of seeds sown by all the seeding units, gr</i>							Статистические характеристики <i>Value of statistical indicators</i>		
	При движении сеялки с радиусом R, м <i>When moving a seed drill with a radius R, m</i>						При прямолинейном движении <i>Straight-line movement</i>			
	0,5	1	2	3	4	5		q_p , г	σ , г	H_p , %
Белый клевер / <i>White Clover</i>	1635	1597	1520	1528	1537	1533	1539	1555	43,1	2,77
Травосмесь «Спортивная» <i>Grass Mixture "Sportivnaya"</i>	971	958	929	917	909	905	900	927	27,4	2,95

¹ ГОСТ 31345-2017 Межгосударственный стандарт. Техника сельскохозяйственная. Сеялки тракторные. Методы испытаний. Agricultural machinery. Tractor seeders. Test methods. Дата вв. 01. 06.2019.

² ГОСТ 26711-89 Государственный стандарт Союза ССР. Сеялки тракторные. Общие технические требования. Tractor planters. General technical requirements. Дата введения 01.01.1990.

Выводы

По результатам стендовых испытаний высеваящий аппарат экспериментальной сеялки СВ-0,9 обеспечивает высева семян трав в соответствии с нормативными документами как при прямолинейном, так и при движении по различным радиусам. При высева семян, существенно различающихся

по физико-механическим свойствам, показатель неравномерности высева между аппаратами не превышает 4,79%, что ниже допустимого показателя 8%, а показатель неустойчивости общего высева при работе экспериментальной сеялки не превышает 3%, что существенно ниже допустимого показателя 9%.

Список использованных источников

1. Высеваящая система сеялки: Авторское свидетельство SU1299533 А1, А01С7/16 / В.И. Пляка, Ю.А. Виноградов; заяв. № 3956012; 30.03.1987. EDN: BEULXH.
2. Plyaka V.I., Sergeeva N.A., Panov A.I., Yakovleva N.A. Seed drill used on complex configuration fields. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 2020; 941: 012041. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/941/1/012041>
3. Голубев В.В., Никифоров М.В., Фирсов А.С., Тюрин И.Ю., Левченко Г.В. Модификация сеялки для посева мелкосеменных культур // *Аграрный научный журнал*. 2019. № 6. С. 79-81. <https://doi.org/10.28983/asj.y2019i6pp79-81>
4. Габаев А.Х. Равномерность высева катушечных высевящих аппаратов зерновых сеялок // *Известия Международной академии аграрного образования*. 2021. № 56. С. 8-12. EDN: SGBOVY.
5. Мударисов С.Г., Шарафутдинов А.В., Фархутдинов И.М. Повышение равномерности распределения семян горизонтальным распределителем зерновой пневматической сеялки // *Вестник Башкирского государственного аграрного университета*. 2019. № 2 (50). С. 131-136. <https://doi.org/10.31563/1684-7628-2019-50-2-131-136>
6. Габаев А.Х., Мишхожев В.Х. Исследование высевящих аппаратов зерновых сеялок на неравномерность высева // *Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова*. 2021. № 3 (33). С. 100-104. EDN: PFENDM.
7. Иманов А.Н., Галиев А.Ж., Биболов К.Е., Баянбаева Б. Анализ экономической эффективности зерновой сеялки оснащенной микропроцессорным управлением и контролем высева // *Актуальные научные исследования в современном мире*. 2019. № 9-1 (53). С. 77-80. EDN: EXBIIZ.
8. Kamgar S., Noei-Khodabadi F., Shafaei S.M. Design, development and field assessment of a controlled seed metering unit to be used in grain drills for direct seeding of wheat. *Information Processing in Agriculture*. 2015; 2 (3-4): 169-176. <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2015.08.001>
9. Устройство для высева семян: РФ, патент № 210275 U1, МПК А01С 7/12 / В.И. Пляка, С.М. Каткова. № 2021132823, заяв. 11.11.2021; опублик. 05.04.2022. Бюл. № 10. 7 с. EDN: TEQJDO.

Критерии авторства

Пляка В.И., Каткова С.М., Сергеева Н.А. выполнили теоретические исследования, на основании полученных результатов провели эксперимент и подготовили рукопись. Пляка В.И., Каткова С.М., Сергеева Н.А. имеют на статью авторские права и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 15.04.2022

Одобрена после рецензирования 20.05.2022

Принята к публикации 23.05.2022

References

1. Plyaka V.I., Vinogradov Yu.A. Vysevayushchaya sistema seyalki [Sowing system of the seed drill]: USSR Author's certificate No. 1299533, MKI A 01 C 7/16, 1987. (In Rus.)
2. Plyaka V.I., Sergeeva N.A., Panov A.I., Yakovleva N.A. Seed drill used on complex configuration fields. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 2020; 941: 012041. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/941/1/012041>
3. Golubev V.V., Nikiforov M.V., Firsov A.S., Tyurin I.Yu., Levchenko G.V. Modifikatsiya seyalki dlya poseva melkosemennyykh kul'tur [Modification of a seed drill for sowing small-seed crops]. *Agrarniy nauchnyy zhurnal*. 2019; 6: 79-81. (In Rus.) <https://doi.org/10.28983/asj.y2019i6pp79-81>
4. Gabayev A.Kh. Ravnornost' vyseva katushechnyykh vysevayushchikh apparatov zernovykh seyalk [Seeding uniformity of reel seeding units of seed drills]. *Izvestiya Mezhdunarodnoy akademii agrarnogo obrazovaniya*. 2021; 56: 8-12. (In Rus.)
5. Mudarisov S.G., Sharafutdinov A.V., Farkhutdinov I.M. Povysheniye ravnornosti raspredeleniya semyan gorizontalmym raspredelitelem zernovoy pnevmaticheskoy seyalki [Increasing the seed distribution uniformity by a horizontal distributor of a pneumatic seed drill]. *Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2019; 2 (50): 131-136. (In Rus.) <https://doi.org/10.31563/1684-7628-2019-50-2-131-136>
6. Gabayev A.Kh., Mishkhozhev V.Kh. Issledovanie vysevayushchikh apparatov zernovykh seyalk na neravnornost' vyseva [Study of seeding units of the seed drill for seeding non-uniformity]. *Izvestiya Kabardino-Balkarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta im. V.M. Kokova*. 2021; 3 (33): 100-104. (In Rus.)
7. Imanov A.N., Galiev A.Zh., Bibolov K.E., Bayanbaeva B. Analiz ekonomicheskoy effektivnosti zernovoy seyalki osnashchennoy mikroprotseptom upravleniem i kontrolem vyseva [Analysis of the economic efficiency of a seed drill equipped with microprocessor control and seeding control]. *Aktual'nye nauchnye issledovaniya v sovremennom mire*. 2019; 9-1 (53): 77-80. (In Rus.)
8. Kamgar S., Noei-Khodabadi F., Shafaei S.M. Design, development and field assessment of a controlled seed metering unit to be used in grain drills for direct seeding of wheat. *Information Processing in Agriculture*. 2015; 2 (3-4): 169-176. <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2015.08.001>
9. Plyaka V.I., Katkova S.M. Ustroystvo dlya vyseva semyan [Device for sowing seeds]: Russian Federation patent No. 210275 U1, IPC A01C7/12 / No. 2021132823, 2022. (In Rus.)

Contribution

V.I. Plyaka, S.M. Katkova and N.A. Sergeeva performed theoretical studies and, based on the results obtained, conducted the experiment and wrote the manuscript. V.I. Plyaka, S.M. Katkova and N.A. Sergeeva have equal author's rights and bear equal responsibility for plagiarism.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this paper.

The article was received 15.04.2022

Approved after reviewing 20.05.2022

Accepted for publication 23.05.2022