УДК 631.331.85
DOI: 10.35887/2305-2538-2021-6-5-17

ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЫСЕВАЮЩИХ АППАРАТОВ ВАКУУМНО-ДИСКОВОГО ТИПА (на примере высевающего аппарата сеялки точного высева МС-8 производства ПАО «Миллеровосельмаш»)*

[1]Завражнов Андрей Анатольевич
[1]Завражнов Анатолий Иванович
[1]Земляной Андрей Александрович
[1]Ланцев Владимир Юрьевич
[1]Мишин Борис Сергеевич
[2]Крецу Николай Исатьевич
[2]Шепелев Валерий Юрьевич
[2]Якушев Алексей Викторович
[1]ФГБНУ ВО Мичуринский государственный аграрный университет
[2]ПАО «Миллеровосельмаш»

Реферат. *В данной статье представлены результаты исследований функциональных характеристик высевающих аппаратов (ВА) вакуумно-дискового типа. Представлена конструкция стенда для проведения исследовательских испытаний ВА. Описана методика работы со стендом и порядок его настройки. В процессе проведения исследовательских испытаний определялись функциональные характеристики ВА, включающие отклонение от заданной нормы высева, неравномерность высева, пропуски и двойники. Значения функциональных показателей определялись путем пересчета частотно-временных характеристик процесса, полученных на каждом отдельном опыте в зависимости от диаметра присасывающих отверстий высевающих дисков ВА, величины разряжения в вакуумной камере ВА и оборотов высевающего диска. При формировании массива частотно-временных характеристик фиксировалось время между пролетами семян в рамке датчиков контроля высева на каждом опыте. В результате проведенных исследовательских испытаний был создан банк данных процесса высева ВА вакуумно-дискового типа (производства ПАО «Миллеровосельмаш») семян подсолнечника (для диаметров присасывающих отверстий высевающего диска 2,0 и 3,0 мм) и кукурузы (для диаметров присасывающих отверстий высевающего диска 4,5 и 6,0 мм) в диапазоне пневматических режимов (разряжение в вакуумной камере ВА от 2,0 до 9,0 кПа) и диапазоне кинематических режимов (обороты высевающего диска ВА от 10 до 100 об/мин). Созданный банк банк данных позволил провести исследование и анализ функциональных характеристик ВА вакуумно-дискового типа. В ходе исследования функциональных характеристик установлено влияние на процесс: степени разрежения в вакуумной камере ВА, увеличение степени разрежения с 5,0 до 9,0 кПа структурирует процесс и снижает степень его стохастичности (неравномерности), который характеризуется коэффициентом вариации, а именно: до 40% при высеве подсолнечника; до 60% при высеве кукурузы; диаметра присасывающих отверстий высевающего диска ВА, также снижает степень стохастичности (неравномерности) процесса, но при этом увеличивает долю двойников. По результатам исследований были сделаны вывод, что наиболее важным параметром, позволяющим повышать скоростные режимы работы ВА является увеличение степени разряжения не менее 9 кПа.*

Ключевые слова: *сеялки точного высева, высевающий аппарат, функциональные характеристики, степень разряжения, диаметр присасывающих отверстий, обороты высевающего дитска.*

*Результаты исследований, представленные в статье, получены в рамках реализации Соглашения №075-11-2019-041 от 22 ноября 2019 г. между Министерством науки и высшего образования Российской Федерации и ПАО «Миллеровосельмаш» на выполнение НИОКТР по теме «Создание высокотехнологичного производства многофункциональных комплексов для посева и возделывания пропашных и овощных культур в системе «точного» и «нулевого» земледелия на базе интеллектуальных мехатронных модулей». НИОКТР выполняется в организации Головного исполнителя (ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ).

SEEDING UNITS OF VACUUM-DISC TYPE
(on the example of the sowing device of the precision seeding machine MS-8 manufactured by PJSC "Millerovoselmash")

[1]Zavrazhnov Andrey
[1]Zavrazhnov Anatoly
[1]Zemlyanoy Andrey
[1]Lantsev Vladimir
[1]Mishin Boris
[2]Kretsu Nikolay
[2]Shepelev Valery
[2]Yakushev Alexey

[1]FSBEI HE Michurinsk State Agrarian University
[2]PJSC "Millerovoselmash"

Abstract. *This article presents the results of research on the functional characteristics of vacuum-disk type metering devices (VA). The design of the stand for conducting research tests of VA is presented. The technique of working with the stand and the procedure for setting it up are described. In the process of conducting research tests, the functional characteristics of VA were determined, including deviation from a given seeding rate, uneven seeding, gaps and twins. The values of the functional indicators were determined by recalculating the frequency-time characteristics of the process, obtained in each individual experiment, depending on the diameter of the suction holes of the BA seeding discs, the amount of vacuum in the BA vacuum chamber and the seeding disc revolutions. During the formation of the array of time-frequency characteristics, the time between the flights of seeds was recorded in the frame of the seeding control sensors for each experiment.As a result of the research tests carried out, a data bank was created for the seeding process of the VA vacuum-disk type (produced by PJSC Millerovoselmash) of sunflower seeds (for diameters of the suction holes of the seeding disk 2.0 and 3.0 mm) and corn (for the diameters of the suction holes of the seeding disk 4.5 and 6.0 mm) in the range of pneumatic modes (vacuum in the VA vacuum chamber from 2.0 to 9.0 kPa) and the range of kinematic modes (revolutions of the VA seeding disc from 10 to 100 rpm). The created databank made it possible to study and analyze the functional characteristics of the vacuum-disk type VA.During the study of the functional characteristics, the effect on the process was established: the degree of rarefaction in the vacuum chamber of the VA, an increase in the degree of rarefaction from 5.0 to 9.0 kPa structures the process and reduces the degree of its stochasticity (unevenness), which is characterized by a coefficient of variation, namely: up to 40 % when sowing sunflower; up to 60% when sowing corn; diameter of the suction holes of the seeding disc BA, also reduces the degree of stochasticity (unevenness) of the process, but at the same time increases the proportion of twins. According to the research results, it was concluded that the most important parameter allowing to increase the high-speed operating modes of the VA is an increase in the degree of discharge of at least 9 kPa.*

Keywords: *precision seeders, seeding device, functional characteristics, degree of vacuum, diameter of suction holes, rotational speed of the seeding child.*

Введение. В настоящее время посев пропашных и овощных культур осуществляется, так называемыми, сеялками точного высева (СТВ), «сердцем» которых является пневматический высевающий аппарат (ВА).

Наибольшее распространение получили ВА вакуумно-дискового типа (сеялки с вакуумно-дисковыми ВА занимают более 70% мирового рынка). Изучению таких ВА только в России посвящено более 50 кандидатских и докторских диссертации [1], не считая огромного количества научных публикаций (на каждую диссертацию – не менее 3-5 авторских публикаций).

Данные факты позволяют отнести ВА вакуумно-дискового типа к категории «классических» высевающих аппаратов сеялок точного высева.

В соответствии с Постановлением Правительства РФ от 1 августа 2016 г. № 740 «Об определении функциональных характеристик (потребительских свойств) и эффективности сельскохозяйственной техники и оборудования» (п.7. Машины для посева сельскохозяйственных культур) [2] и разработанных на его основе нормативных документов ГОСТ 31345-17 и СТО АИСТ 5.6-2018 [3, 4], к сеялкам точного высева (СТВ) относятся:

1. СТВ для посева пропашных культур (подсолнечник, кукуруза, сорго, соя, хлопчатник);
2. СТВ для посева сахарной свеклы;
3. СТВ для посева овощных культур (кабачок, баклажан и др.);
4. СТВ для посева бахчевых культур (арбуз, дыня, тыква и др.).

Отечественными нормативами [2, 3, 4] определен ряд функциональных характеристик (показателей назначения) вышеперечисленных СТВ, из которых основными, по мнению авторов являются:

1. Рабочая скорость;
2. Ширина междурядья (расстояние между центрами соседних рядов растений);
3. Норма высева семян (количество семян, посеянное на единицу длины или площади), определяющая шаг посева (расстояние между двумя следующими один за другим семенами в ряду) и распределение семян в ряду (размещение семян по длине ряда);
4. Отклонение фактической нормы высева семян от заданной;
5. Неравномерность высева семян отдельными аппаратами;
6. Пропуски (отсутствие семени там, где оно должно быть). Все шаги посева, превышающие в 1,5 раза теоретический шаг посева, считаются пропусками.
7. Двойники (присутствие двух или более семян там, где должно быть одно). Все шаги посева менее чем 0,5 теоретического шага посева рассматриваются как двойники.

В таблице 1 представлены численные значения основных функциональных характеристик (показателей назначения), заданных отечественными нормативами [2, 3, 4].

Таблица 1 – Нормативные функциональные характеристики (показатели назначения) сеялок точного высева (СТВ)

№, п/п	Наименование характеристик (показателей)	СТВ для пропашных культур	СТВ для сахарной свеклы	СТВ для овощных культур	СТВ для бахчевых культур
1.	Рабочая скорость, км/ч, не более	10,0	6,5	8,0	6,0
2.	Ширина междурядий, см	45; 60; 70; 75; 90	45, 60	по АТТ	180
3.	Норма высева семян, шт/пм	1,4-8	6	по АТТ	2-10
4.	Отклонение фактической нормы высева семян от заданной, %, не более	3,0	3,0	-	-
5.	Неравномерность высева семян отдельными ВА, %, не более	3,0	3,0	5,0	5,0
6.	Коэффициент вариации распределения семян в рядке, %, не более	30	-	-	-

Отечественные нормативы не регламентируют количественные значения таких показателей как пропуски и двойники, хотя многочисленные отечественные и зарубежные литературные источники характеризуют данные показатели как весьма существенными при оценке функциональных возможностей современных СТВ [5, 6, 7].

Ширина междурядий и заданная норма высева определяют потребное количество семян. Так для СТВ в диапазоне междурядий 45 … 180 см и норме высева 1…10 шт/пм потребное количество семян составляет 5555,6…222222,2 шт/га.

Норма высева и рабочая скорость СТВ определяют скорость (частоту) высева (количество семян, посеянное за единицу времени), которая в свою очередь зависит от количества присасывающих отверстий на высевающем диске (ВД) высевающего аппарата (ВА) и частоты его вращения.

По отечественным нормативам рабочие скорости СТВ (для пропашных культур) не превышают 10 км/час (таблица 1), что соответствует скорости/частоте высева не более 15…18 шт/с. Современные мировые тренды развития посевной техники определяют рабочие скорости СТВ для пропашных культур в диапазоне 15 … 18 км/час и более. В настоящее время мировой рекорд принадлежит сеялке Vaderstad Tempo L16, показавшей за 24 часа непрерывной работы (на посеве подсолнечника с нормой высева 4,7 шт/пм) среднюю рабочую скорость 20,8 км/час и соответственно, скорость (частоту) высева более 30 шт/с [8].

Естественно, что такие рабочие скорости предъявляют повышенные требования к конструкционным и режимным характеристикам современных СТВ.

По утверждению известного отечественного авторитета в области точного высева Несмияна А.Ю. на качество работы СТВ основное влияние оказывают следующие конструкционные особенности/параметры и режимные характеристики работы ВА [7]:

- *разрежение в вакуумной камере ВА;*
- *частота вращения ВД;*
- *параметры дозирующих элементов ВД (в основном диаметр отверстия);*
- *конструкционное исполнение сбрасывателя (отражателя) «лишних» семян (двойников);*
- *конструкционные особенности, точность изготовления и сборки ВА.*

Комплексное взаимовлияние вышеперечисленных факторов и качество работы СТВ оценивается такими показателями как величиной отклонения фактических показателей от заданных и коэффициентами вариации (см. табл. 1). Численные значения данных показателей определяют, так называемый «стохастизм» функциональных характеристик СТВ (большие значения отклонений и вариации могут вывести оцениваемую/испытываемую СТВ из категории Сеялки Точного Высева).

Исследованиями Несмияна А.Ю. и других ученых [1, 5, 6, 7] определены оптимальные конструкционные параметры и режимы работы «классических» ВА для посева наиболее востребованных пропашных культур (подсолнечника и кукурузы), а именно:

1. скорость вращения ВД – 35…45 об/мин;
2. окружная скорость всасывающих отверстий ВД – 0,3…0,35 м/с;
3. диаметр всасывающих отверстий – 3,0 мм (для подсолнечника) и 4,5/5,0 мм (для кукурузы);
4. величина разрежения в вакуумной камере ВА – 4,0 кПа (для подсолнечника) и 4,5…5,0 кПа (для кукурузы);
5. количество всасывающих отверстий – 20 шт. на делительном диаметре 150 мм.

Данные конструкционные параметры и режимы работы реализованы в ВА пропашных СТВ типа МС (производства ПАО «Миллеровосельмаш»).

Для большинства СТВ других фирм-производителей (отечественных и зарубежных) конструкционные и режимные характеристики ВА лежат в аналогичных диапазонах. Такие характеристики обеспечивают качественную работу СТВ на рабочих скоростях в пределах 7…9 км/час (при скорости/частоте высева 11,6…15 шт/с).

Тенденции развития посевной техники в части повышения рабочих скоростей до 15 … 18 км/час и более приводят к необходимости изменения конструкционных параметров и режимов работы ВА современных и вновь создаваемых СТВ. Поэтому, несмотря на значительный объем ранее проведенных исследований других ученых, авторы провели цикл исследовательских испытаний «классических» вакуумно-дисковых ВА на режимах, обеспечивающих работу СТВ на повышенных рабочих скоростях.

Целью проведенных исследований являлось определение функциональных характеристик высевающих аппаратов (ВА) вакуумно-дискового типа на режимах, обеспечивающих работу СТВ на повышенных рабочих скоростях, с последующим анализом и разработкой конкурентоспособных технических решений.

Условия, материалы и методы

Исследования функциональных характеристик ВА вакуумно-дискового типа проводились по следующей схеме и алгоритмам:

1. Объект испытаний:

- Высевающая секция с двумя ВА типа МС (производства ПАО «Миллеровосельмаш»).
- Второй ВА использовался для дублирования результатов проведения опытов.

2. Матрица проведения экспериментов (параметры и режимы проведения опытов) представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Матрица проведения экспериментов

<table>
<tr><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th></tr>
<tr><td>Высеваемая культура **</td><td rowspan="2">Конструкционные параметры **
(диаметр всасывающих отверстий ВД)</td><td>Пневматический режим **
(разряжение в вакуумной камере ВА)</td><td>Кинематический режим ***
(обороты ВД)</td></tr>
<tr><td>см. табл. 3</td><td>см. рис. 1</td><td>см. табл. 4 и рис. 1</td></tr>
<tr><td rowspan="2">1.1. Подсолнечник</td><td>2.1. диаметр 2,0 мм</td><td rowspan="4">3.1. разряжение 2 кПа
3.2. разряжение 3 кПа
3.3. разряжение 4 кПа
3.4. разряжение 5 кПа
3.5. разряжение 6 кПа
3.6. разряжение 7 кПа
3.7. разряжение 8 кПа
3.8. разряжение 9 кПа</td><td rowspan="4">4.1. 10…15 об/мин
4.2. 16…21 об/мин
4.3. 22…27 об/мин
4.4. 28…33 об/мин
4.5. 34…39 об/мин
4.6. 40…45 об/мин
4.7. 46…51 об/мин
4.8. 52…57 об/мин
4.9. 58…63 об/мин
4.10. 64…69 об/мин
4.11. 70…75 об/мин
4.12. 76…81 об/мин
4.13. 82…87 об/мин
4.14. 88…93 об/мин
4.15. 94…99 об/мин</td></tr>
<tr><td>2.2. диаметр 3,0 мм</td></tr>
<tr><td rowspan="2">1.2. Кукуруза</td><td>2.3. диаметр 4,5 мм</td></tr>
<tr><td>2.4. диаметр 6,0 мм</td></tr>
</table>

****** – дискретный режим с ручной переустановкой параметров опыта

******* – непрерывный режим с автоматической переустановкой параметров опыта (длительность каждого опыта на каждом кинематическом параметре – не менее 20 с, по условию [9])

Объем экспериментов – 240 опытов для каждой культуры

3. Замеряемые и исследуемые показатели (функциональные характеристики) в соответствии [2, 3, 4]:

- Отклонение от заданной нормы высева;
- Неравномерность высева: пропуски; двойники.

4. Обработка данных измерений и статистический анализ: пакеты прикладных программ Matlab с использованием методик [10] и стандартный пакет Excel.

Аппроксимация графиков проводилась следующими регрессионными зависимостями:

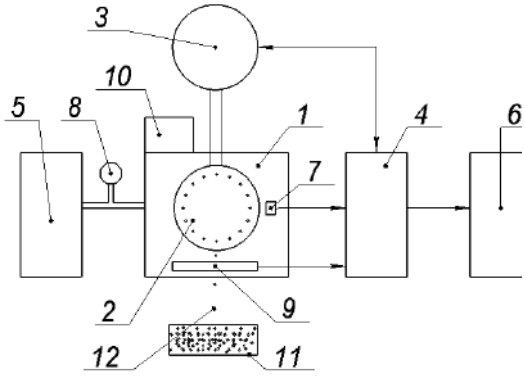
линейной типа $Y = aX + b$ и степенной типа $Y = aX^{\alpha} + b$.

Критерием выбора типа регрессионной зависимости (тренда) являлось условие $R^2 \geq 0.7$ (где R^2 – коэффициент детерминации).

5. Условия проведения опытов

Для проведения исследовательских испытаний использовалась лабораторно-стендовая установка (рис. 1), позволяющая задавать режимы испытаний в соответствии таблица 2:

- Для задания пневматических режимов использовался промышленный пылесос Кёрхер (рис. 1).
- Для задания кинематических режимов использовался бесколлекторный электродвигатель XF15R фирмы Mxus (Китай), с напряжением – 36/48 В и номинальной мощностью 0,35 кВт с блоком управления (рис. 2).
- Для измерения частотно-временных характеристик процесса высева использовались штатные датчики емкостного типа системы контроля высева (СКВ) сеялки МС-8 «Дарина – У» (рис. 2).
- Визуализация процесса высева проводилась скоростной видеосъёмкой с использованием прозрачной крышкой семенной камеры ВА.
- ВА испытывались без сбрасывателей (отражателей) «лишних» семян (двойников).



а) принципиальная схема

б) общий вид

1 – высевающий аппарат, 2 – высевающий диск, 3 – электродвигатель, соединенный с высевающим диском, 4 – блок управления, 5 – источник разрежения, 6 – компьютер, 7 – датчик оборотов высевающего диска, 8 – вакуумметр, 9 – датчик высева, 10 – бункер с семенами, 11 – емкость для сбора семян, 12 – высеваемый материал

Рисунок 1 – Лабораторно-стендовая установка для проведения исследовательских испытаний высевающих аппаратов СТВ

Результаты и обсуждение

Реализация всего объёма исследовательских испытаний позволила создать банк данных процесса высева ВА типа МС (производства ПАО «Миллеровосельмаш), представляющий массив частотно-временных характеристик на всех заданных режимах работы (таблицы 2, 3 и 4).

Таблица 3 – Размерные характеристики посевного материала для проведения испытаний

Подсолнечник			**Кукуруза**		
Размерные характеристики **, мм**					
Длина	**Ширина**	**Толщина**	**Длина**	**Ширина**	**Толщина**
Математическое ожидание (средний размер), мм					
10,3/12,2	4,7/6,3	3,1/3,8	10,6/10,6	8,2/8,0	4,9/4,8
Среднеквадратичное отклонение, мм					
0,5/0,9	0,7/0,6	0,4/0,5	0,8/0,7	0,8/0,6	0,9/0,7
Коэффициент вариации, %					
5,4/7,6	15,5/10,4	14,1/14,1	8,3/6,6	9,6/8,1	18,8/14,9

******** - в числителе указаны размерные характеристики, полученные на основании собственных исследований, в знаменателе (для сравнения) – размерные характеристики, полученные другими авторами [5]

Таблица 4 – Кинематические режимы работы ВА (для ВД-20 с 20-ю всасывающими отверстиями) в зависимости от нормы высева N (шт/пм) и рабочей скорости СТВ

Рабочая скорость СТВ, км/час	**Обороты ВД, об/мин**	**Скорость (частота) высева, шт/с**	**Обороты ВД, об/мин**	**Скорость (частота) высева, шт/с**	**Обороты ВД, об/мин**	**Скорость (частота) высева, шт/с**	**Обороты ВД, об/мин**	**Скорость (частота) высева, шт/с**	**Обороты ВД, об/мин**	**Скорость (частота) высева, шт/с**
	N = 1		**N = 2**		**N = 3**		**N = 4**		**N = 5**	
6	5,0	1,7	10,0	3,3	15,0	5,0	20,0	6,7	25,0	8,3
9	7,5	2,5	15,0	5,0	22,5	7,5	30,0	10,0	37,5	12,5
12	10,0	3,3	20,0	6,7	30,0	10,0	40,0	13,3	50,0	16,7
15	12,5	4,2	25,0	8,3	37,5	12,5	50,0	16,7	62,5	20,8
18	15,0	5,0	30,0	10,0	45,0	15,0	60,0	20,0	75,0	25,0
21	17,5	5,8	35,0	11,7	52,5	17,5	70,0	23,3	87,5	29,2

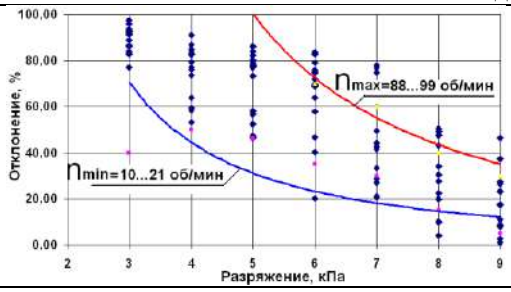
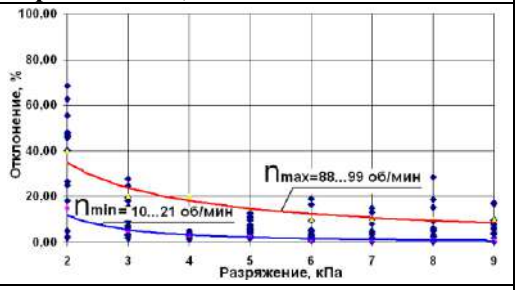
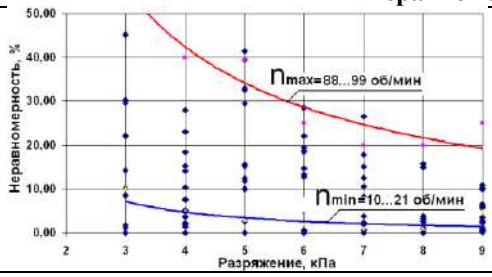
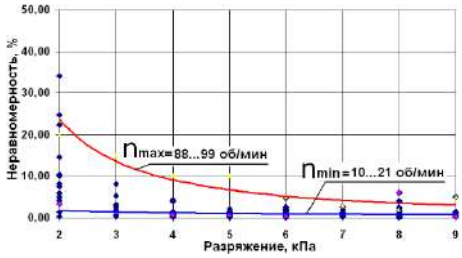
	N = 6		N = 7		N = 8		N = 9		N = 10	
6	30,0	10,0	35,0	11,7	40,0	13,3	45,0	15,0	50,0	16,7
9	45,0	15,0	52,5	17,5	60,0	20,0	67,5	22,5	75,0	25,0
12	60,0	20,0	70,0	23,3	80,0	26,7	90,0	30,0	100,0	33,3
15	75,0	25,0	87,5	29,2	100,0	33,3	112,5	37,5	125,0	41,7
18	90,0	30,0	105,0	35,0	120,0	40,0	135,0	45,0	150,0	50,0
21	105,0	35,0	122,5	40,8	140,0	46,7	157,5	52,5	175,0	58,3

В процессе проведения эксперимента датчиками контроля высева фиксировалось время между пролетами семян в измерительной рамке датчиков, с последующим пересчетом значений функциональных характеристик работы (отклонение от нормы высева, неравномерность высева, процентное отношение пропусков и двойников) испытываемого ВА. В результате обработки массивов экспериментальных данных определены численные значения функциональных показателей работы ВА в зависимости от режимов работы, а именно: отклонение от нормы высева в %; неравномерность высева в %; наличие пропусков и двойников в %.

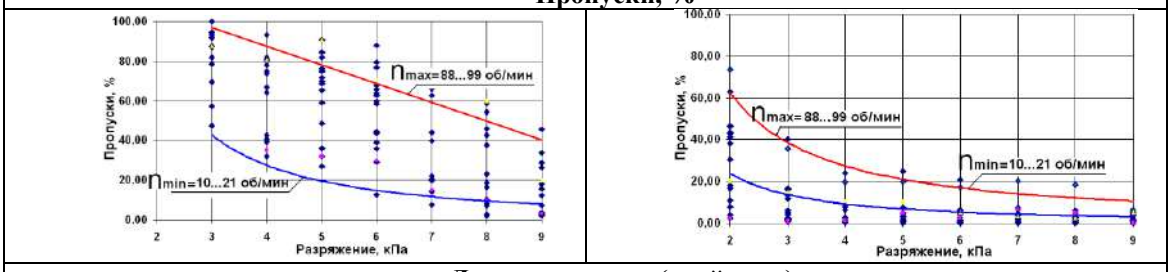
В таблицах 5 и 7 представлены графики сводных значений функциональных характеристик работы ВА на всем диапазоне изменения пневматических и кинематических (скоростных) режимов для высева семян подсолнечника (таблица 5) и кукурузы (таблица 7). Графики функциональных характеристик построены в едином масштабе, что позволило качественно провести их сравнение и оценку. Скоростные режимы (обороты ВД) на представленных графиках обозначены диапазонами, которые ограничены регрессионными зависимостями по нижнему (n_{min} = 10…21 об/мин) и верхнему (n_{max} = 88…99 об/мин) пределам.

В таблицах 6 и 8 представлены графики определяющие соответствие выполнения нормативным показателям по отклонению фактической от заданной нормы высева семян подсолнечника (таблица 6) и кукурузы (таблица 8) на выборочных пневматических (разрежение 3, 6, 9 кПа) и всем диапазоне оборотов ВД. Соответствие нормативным показателям (не более 3 % [2, 3, 4]) определялось верхней и нижней границами (пределами) разброса экспериментальных данных и выделена желтым цветом графиках. Численные значения верхнего и нижнего пределов определялась по условию $\pm 0{,}5\sigma$ (где σ среднеквадратичное отклонение), что соответствует 2,6…3 % отклонения от заданной нормы высева.

Таблица 5 – Функциональные характеристики работы ВА при высеве семян подсолнечника

Диаметр 2,0 мм	Диаметр 3,0 мм
Отклонение от заданной нормы высева, %	
	
Неравномерность высева, %	
	

Пропуски, %



«Лишние» семена (двойники)

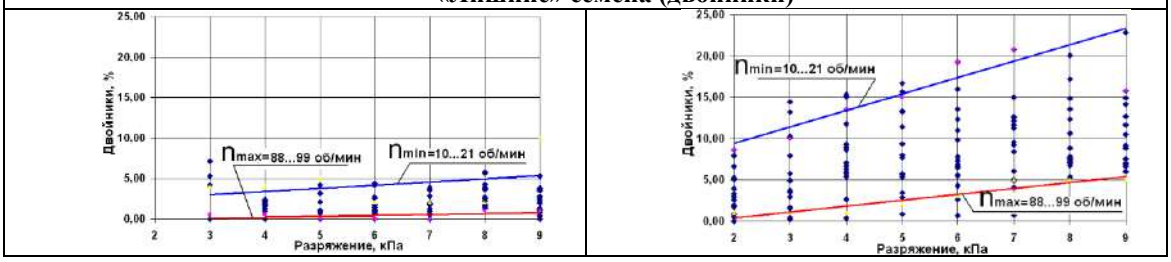
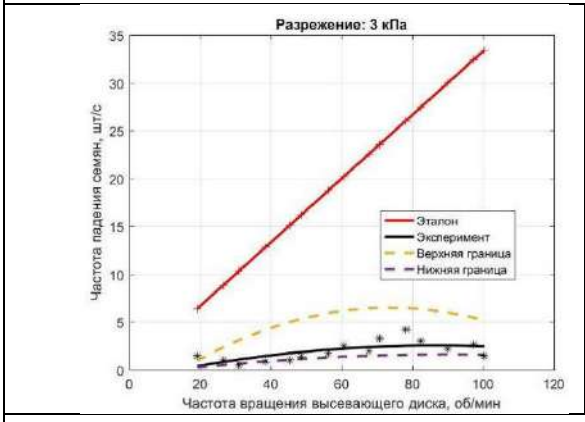
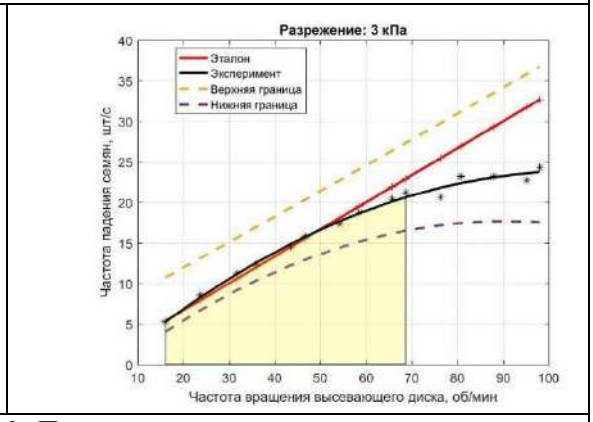
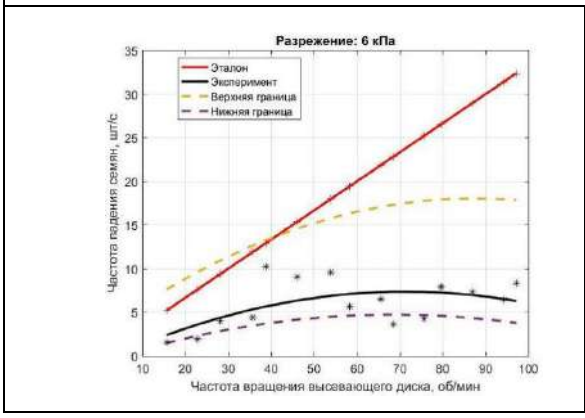
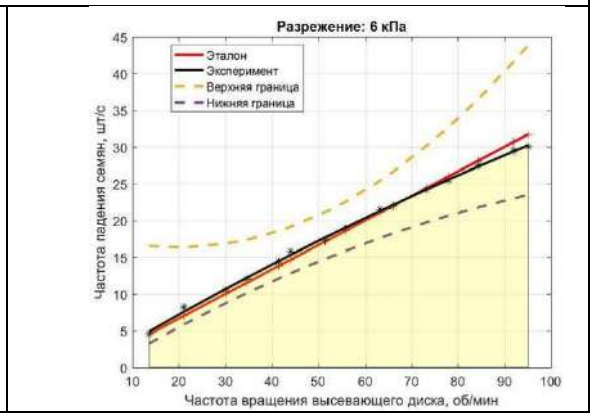


Таблица 6 – Показатели работы ВА по отклонению от заданной нормы при высеве семян подсолнечника

Диаметр 2,0 мм	Диаметр 3,0 мм
Отклонение от заданной нормы высева, %	
3 кПа	
	
6 кПа	
	

9 кПа

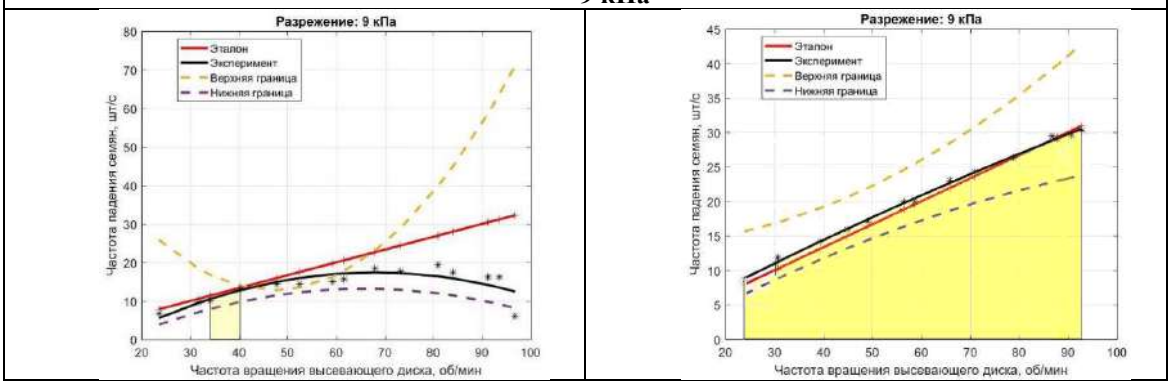
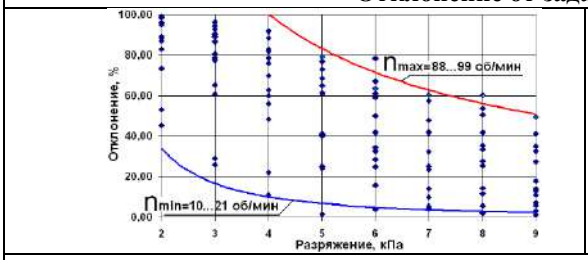
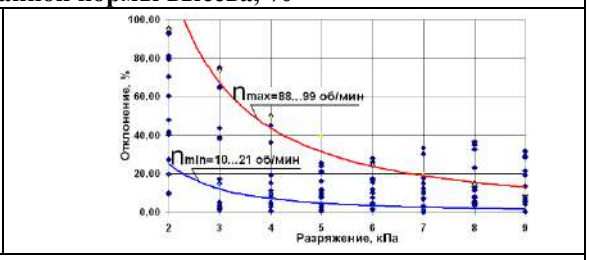
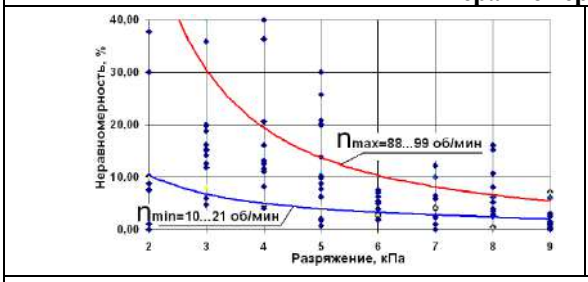
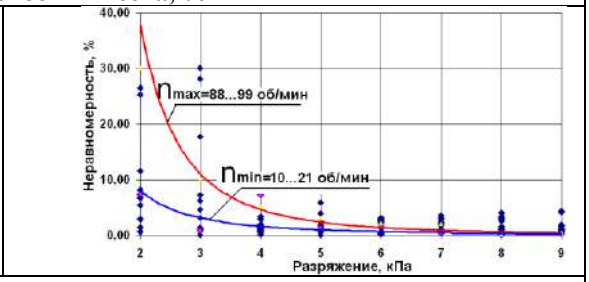
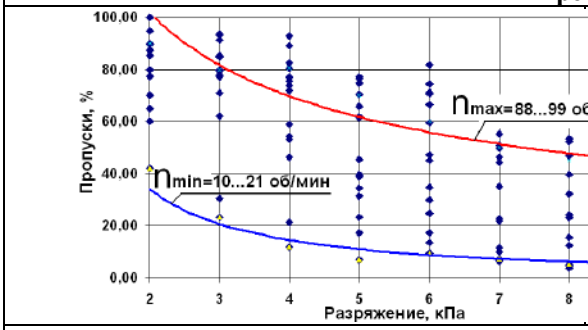
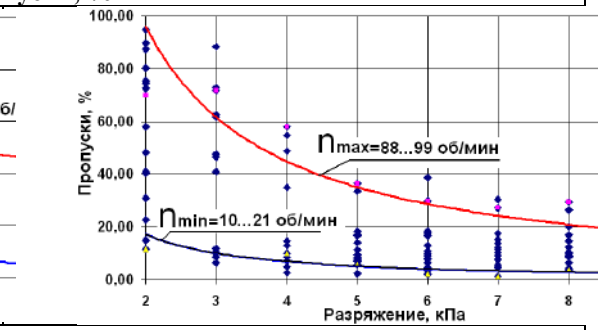


Таблица 7 – Функциональные характеристики работы ВА при высеве семян кукурузы

Диаметр 4,5 мм	Диаметр 6,0 мм
Отклонение от заданной нормы высева, %	
	
Неравномерность высева, %	
	
Пропуски, %	
	

«Лишние» семена (двойники), %

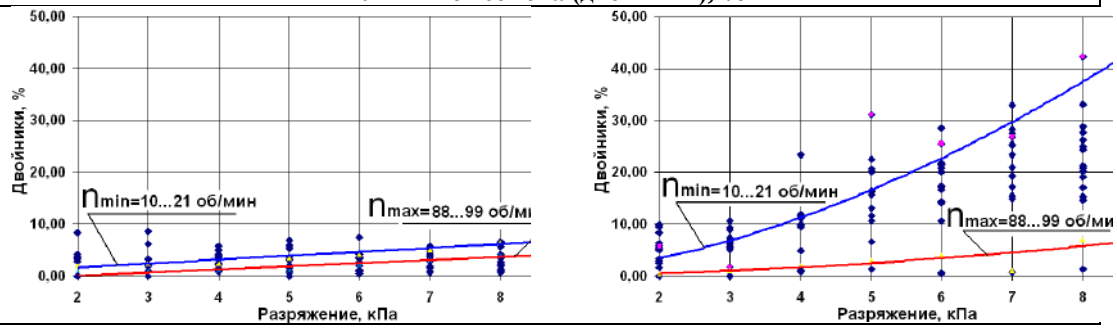
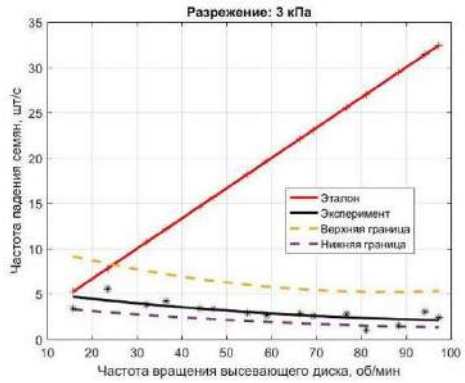
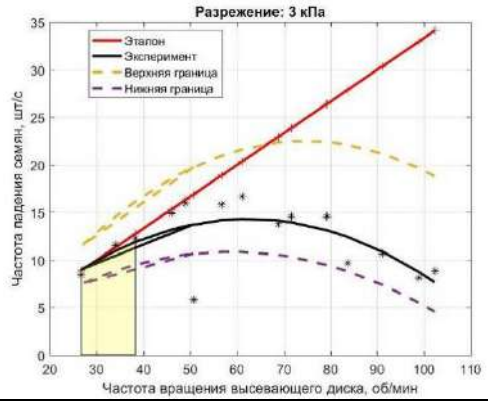
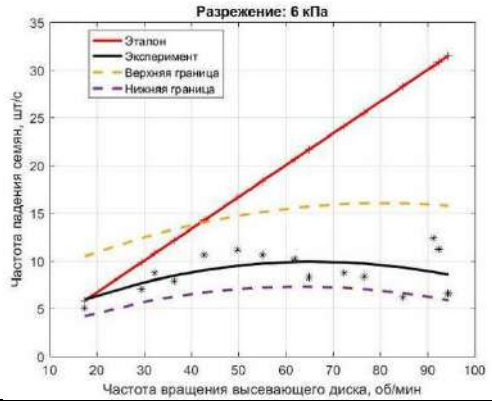
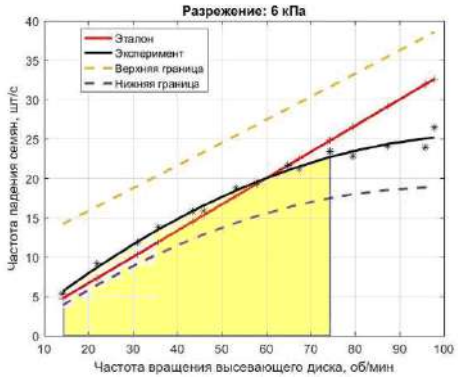
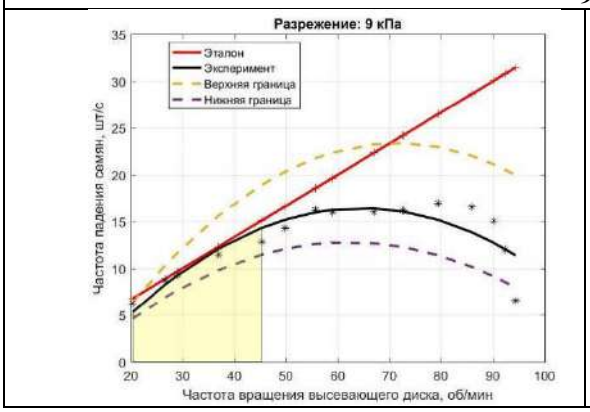
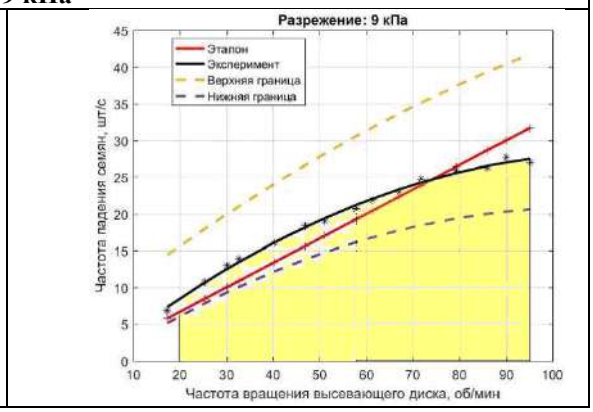


Таблица 8 – Показатели работы ВА по отклонению от заданной нормы при высеве семян кукурузы

Диаметр 4,5 мм	Диаметр 6,0 мм
Отклонение от заданной нормы высева, %	
3 кПа	
	
6 кПа	
	

9 кПа





Выводы по результатам исследовательских испытаний

1. По результатам исследовательских испытаний вакуумно-дисковых высевающих аппаратов (ВА) типа МС (сеялок точного высева производства ПАО «Миллеровосельмаш») можно сделать следующие выводы.

Норма высева семян для СТВ с шириной междурядий 45 … 180 см составляет 1…10 шт/пм и определяет расчетное количество семян 5555,6…222222,2 шт/га.

2. Размерные характеристики посевного материала составляют:

Для подсолнечника:

- длина – 10,3 … 12,2 мм
- ширина – 4,7 … 6,3 мм;
- толщина – 3,1 … 3,8 мм.

Для кукурузы:

- длина – 10,6 мм
- ширина – 8,0 … 8,2 мм;
- толщина – 4,8 … 4,9 мм.

3. Диаметр и количество присасывающих ВД определяются размерами семян и условиями отсутствия смыкания присосанных семян между собой.

4. Для высева семян определено 20 отверстий на делительном диаметре 150 мм с размерами 2,0 и 3,0 мм для подсолнечника, 4,5 и 6,0 мм для кукурузы.

5. Для нормы высева подсолнечника и кукурузы 1 … 10 шт/пм и рабочих скоростей сеялки 6 … 21 км/час обороты ВД составляют 5,0 … 175,0 об/мин, что соответствует окружной скорости присасывающих отверстий 0,04 … 1,37 м/с.

6. Исходя из условия оптимальной работы «классических» вакуумно-дисковых ВА определяем обороты ВД не более 100 об/мин.

7. По результатам испытаний, определено следующее:

- наилучшие показатели технологического процесса высева (по пропускам, отклонению от заданной нормы и неравномерности высева) обеспечиваются при увеличении степени разрежения в вакуумной камере ВА и увеличении диаметра всасывающего отверстия ВД;
- наибольшее влияние на процесс оказывает степень разрежения в вакуумной камере ВА;
- увеличение степени разрежения с 5,0 до 9,0 кПа структурирует процесс и снижает степень его стохастичности (неравномерности), который характеризуется коэффициентом вариации, а именно:
  - до 40% при высеве подсолнечника;
  - до 60% при высеве кукурузы.

8. Увеличение диаметра присасывающих отверстий ВД также снижает степень стохастичности (неравномерности) процесса, но при этом увеличивает долю двойников.

9. Данный факт определяет, что наиболее важным параметром, позволяющим повышать скоростные режимы работы ВА является увеличение степени разряжения (по крайней мере до 9 кПа).

Список литературы

1. Библиотека диссертаций и авторефератов России [Электронный ресурс]: URL: http://www.dslib.net.

2. Постановление Правительства РФ от 1 августа 2016 г. № 740 «Об определении функциональных характеристик (потребительских свойств) и эффективности сельскохозяйственной техники и оборудования» (п.7. Машины для посева сельскохозяйственных культур).

3. ГОСТ 31345–2017. Техника сельскохозяйственная. Сеялки тракторные. Методы испытаний.

4. СТО АИСТ 5.6–2 018. Испытания сельскохозяйственной техники.

5. Машины посевные и посадочные. Показатели назначения и надежности. Общие требования.

6. Оптимизация вакуумных высевающих аппаратов пропашных сеялок: монография / А.Ю. Несмиян, В.И. Хижняк, В.В. Должиков, А.В. Яковец, Д.Е. Шаповалов. – Зерноград: ФГБОУ ВПО АЧГАА, 2013. – 176 с.

7. Проектирование и расчет пропашных сеялок: учебное пособие по курсовому и дипломному проектированию / В.И. Хижняк, А.Ю. Несмиян, Ф.В. Авраменко. - Зерноград: Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВПО ДГАУ, 2015. – 114 с.

8. Несмиян А.Ю. Машинно-технологическое обоснование процессов обработки почвы и посева пропашных культур в условиях дефицита влаги: дис. … докт. техн. наук: 05.20.01 / Несмиян Андрей Юрьевич. – Зерноград: Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО ДГАУ, 2016. – 424 с.

9. www.vaderstad.com.

10. Мэнли Р. Анализ и обработка записей колебаний/ Р. Мэнли. Перевод с английского – М.: Машиностроение, 1972. – 368 с.

11. Солонина А. И. Цифровая обработка сигналов. Моделирование в Simulink / учебное пособие для студентов высших учебных заведений //Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2012. – 425 с.

References

1. Library of dissertations and abstracts of Russia [Electronic resource]: URL: http://www.dslib.net.

2. Decree of the Government of the Russian Federation of August 1, 2016 No. 740 "On the determination of functional characteristics (consumer properties) and the efficiency of agricultural machinery and equipment" (clause 7. Machines for sowing agricultural crops).

3. GOST 31345-2017. Agricultural machinery. Seeders are tractor. Test methods.

4. STO AIST 5.6–2018. Tests of agricultural machinery.

5. Sowing and planting machines. Indicators of appointment and reliability. General requirements.

6. Optimization of vacuum seeding devices for row-crop seeders: monograph / A.Yu. Nesmiyan, V.I. Khizhnyak, V.V. Dolzhikov, A.V. Yakovets, D.E. Shapovalov. - Zernograd: FGBOU VPO AChGAA, 2013.-- 176 p.

7. Design and calculation of row-crop seeders: textbook on course and diploma design / V.I. Khizhnyak, A. Yu. Nesmiyan, F.V. Avramenko. - Zernograd: Azov-Black Sea Engineering Institute FGBOU VPO DGAU, 2015.- 114 p.

8. Nesmiyan A.Yu. Machine-technological substantiation of soil cultivation and sowing of row crops in conditions of moisture deficit: dis. ... doct. tech. Sciences: 05.20.01 / Nesmiyan Andrey Yurevich. - Zernograd: Azov-Black Sea Engineering Institute FSBEI HE DGAU, 2016.- 424 p.

9. www.vaderstad.com.

10. Manly R. Analysis and processing of vibration records / R. Manly. Translated from English - M .: Mechanical Engineering, 1972. - 368 p.

11. Solonina AI Digital signal processing. Simulation in Simulink / tutorial for students of higher educational institutions // St. Petersburg: BHV-Petersburg, 2012. - 425 p.

Сведения об авторах

Принадлежность к организации

Завражнов Андрей Анатольевич – кандидат технических наук, доцент, начальник Инжинирингового центра Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Мичуринский государственный аграрный университет», Россия, г. Мичуринск, e-mail: noc-inteh@yandex.ru.

Завражнов Анатолий Иванович – академик РАН, доктор технических наук, прфессор, главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения

высшего образования «Мичуринский государственный аграрный университет», Россия, г. Мичуринск, e-mail: aiz@mgau.ru.

Земляной Андрей Александрович – ведущий специалист Инжинирингового центра Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Мичуринский государственный аграрный университет», Россия, г. Мичуринск, e-mail: 1zemlyanoy1@mail.ru.

Ланцев Владимир Юрьевич - доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой транспортно-технологических машин и основ конструирования Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Мичуринский государственный аграрный университет», Россия, г. Мичуринск, e-mail: lan-vladimir@yandex.ru.

Мишин Борис Сергеевич – кандидат технических наук, старший преподавать Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Мичуринский государственный аграрный университет», Россия, г. Мичуринск

Крецу Николай Исатьевич - главный инженер ПАО "МИЛЛЕРОВОСЕЛЬМАШ". Россия, г. Миллерово, e-mail: ing@msm161.ru.

Шепелев Валерий Юрьевич - Временно исполняющий обязанности начальника Технолого-конструкторского отдела ПАО "МИЛЛЕРОВОСЕЛЬМАШ", Россия, г. Миллерово, e-mail:to@msm161.ru

Якушев Алексей Викторович - директор по развитию ПАО "МИЛЛЕРОВОСЕЛЬМАШ", Россия, г. Миллерово, e-mail: yakushev@umz-group.ru

Author credentials

Affiliations

Zavrazhnov Andrey - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Engineering Center of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Michurinsk State Agrarian University", Russia, Michurinsk, e-mail: noc-inteh@yandex.ru

Zavrazhnov Anatoly - Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Michurinsk State Agrarian University", Russia, Michurinsk, e-mail: aiz@mgau.ru.

Zemlyanoy Andrey - leading specialist of the Engineering Center of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Michurinsk State Agrarian University", Russia, Michurinsk, e-mail: 1zemlyanoy1@mail.ru.

Lantsev Vladimir - Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Transport and Technological Machines and Fundamentals of Design of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Michurinsky State Agrarian University", Russia, Michurinsk, e-mail: lan-vladimir@yandex.ru

Mishin Boris - candidate of technical sciences, senior lecturer at the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Michurinsky State Agrarian University", Russia, Michurinsk.

Kretsu Nikolay - chief engineer of PJSC "MILLEROVOSELMASH". Russia, Millerovo, e-mail: ing@msm161.ru

Shepelev Valery - Acting Head of the Technological and Design Department of PJSC "MILLEROVOSELMASH", Russia, Millerovo, e-mail: to@msm161.ru

Yakushev Alexey - Development Director of PJSC "MILLEROVOSELMASH", Russia, Millerovo, e-mail: yakushev@umz-group.ru

Поступила в редакцию (Received): 03.12.2021 Принята к публикации (Accepted): 21.12.2021

УДК 631.331.85
DOI: 10.35887/2305-2538-2021-6-17-29

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СЕЯЛОК ТОЧНОГО ВЫСЕВА С ВЫСЕВАЮЩИМИ АППАРАТАМИ ВАКУУМНО-ДИСКОВОГО ТИПА (на примере пропашной сеялки МС-8 производства ПАО «Миллеровосельмаш»)*