



<https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-12-12>

УДК: 631.33.022.6

Тип статьи: оригинальная

Type of article: original

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ПРОПУСКНУЮ СПОСОБНОСТЬ ДОЗАТОРА ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ ПОСЕВНОЙ МАШИНЫ

✉ Рассомахин Г.К., Яковлев Н.С., Чернышов А.П., Черных В.И.

Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук
Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия

✉ e-mail: rgk1959@yandex.ru

Одним из значимых направлений научных исследований в части совершенствования конструкции посевных машин и повышения их приспособленности к современным требованиям автоматизации является создание дозаторов, обеспечивающих корректировку нормы высева во время работы посевной машины. Специалистами Сибирского научно-исследовательского института механизации и электрификации сельского хозяйства разработан образец дозатора пневматической посевной машины, который использовался в качестве прототипа при проведении исследования. Применявшийся дозатор позволяет обеспечить плавную корректировку нормы высева семян в соответствии с картой-заданием, а также автоматическое отключение подачи семян в семяпровод при разворотах агрегата на краю поля для предотвращения перерасхода семян и повторного сева. Цель исследования – определение конструктивных и технологических параметров экспериментального дозатора пневматической посевной машины. Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи: 1) провести лабораторное исследование процесса дозирования семян в экспериментальном дозаторе пневматической посевной машины; 2) определить закономерности взаимного влияния значимых факторов на пропускную способность дозатора и описать их регрессионными уравнениями. В соответствии с перечисленными задачами изучен процесс дозирования семян на лабораторной установке. В ходе обработки экспериментальных данных получены регрессионные зависимости. По характеристикам полученных уравнений установлено, что наиболее значимое влияние на пропускную способность дозатора оказывает объем катушки дозатора. Максимальная производительность дозатора отмечается при частоте вращения ротора в пределах 80–100 об./мин. Наибольшая скорость подачи и исключение самопроизвольной утечки семян из дозатора в семяпровод достигаются при высоте затвора выгрузного окна дозатора в пределах 2 см. Результаты исследования могут быть использованы при доработке конструкции дозатора с целью применения его в качестве исполнительного механизма системы комплексной автоматизации посевного агрегата.

Ключевые слова: дозатор, семена, ротор, семяпровод, затвор, скорость подачи

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL FACTORS ON THE THROUGHPUT CAPACITY OF THE DISPENSER OF A PNEUMATIC SOWING MACHINE

✉ Rassomakhin G.K., Yakovlev N.S., Chernyshov A.P., Chernykh V.I.

Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences
Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia

✉ e-mail: rgk1959@yandex.ru

One of the significant directions of scientific research in terms of improving the design of sowing machines and increasing their adaptability to modern requirements of automation is the creation of dispensers that provide adjustment of the seeding rate during the operation of the sowing machine.

Specialists of the Siberian Research Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture have developed a sample of a pneumatic sowing machine dispenser, which was used as a prototype in the study. The dispenser used allows for a smooth adjustment of the seed rate in accordance with the map task, as well as automatic shut-off of the seed supply to the seed line when the machine turns at the headland to prevent overconsumption of seeds and reseeded. The purpose of the research is to determine the design and technological parameters of the experimental dispenser of the pneumatic sowing machine. To achieve the set goal the following tasks were formulated: 1) to conduct a laboratory study of the process of seed metering in the experimental dispenser of the pneumatic seeding machine; 2) to determine the regularities of mutual influence of significant factors on the throughput capacity of the dispenser and describe them by regression equations. In accordance with the listed tasks the process of seed dosing on the laboratory unit was studied. In the course of experimental data processing, regression dependencies were obtained. According to the characteristics of the obtained equations, it is found that the most significant influence on the throughput capacity of the dispenser is the volume of the dispenser coil. Maximum performance of the dispenser is noted at rotor speeds in the range of 80–100 rpm. The highest feed rate and avoidance of spontaneous seed leakage from the dispenser into the seed pipe are achieved at a gate height of the dispenser discharge window within 2 cm. The results of the research can be used to finalize the design of the dispenser in order to use it as an actuator of the system of complex automation of the sowing unit.

Keywords: dispenser, seeds, rotor, seed deferens, gate, feed rate

Для цитирования: Рассомахин Г.К., Яковлев Н.С., Чернышов А.П., Черных В.И. Исследование влияния технологических факторов на пропускную способность дозатора пневматической посевной машины // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 12. С. 104–111. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-12-12>

For citation: Rassomakhin G.K., Yakovlev N.S., Chernyshov A.P., Chernykh V.I. Investigation of the influence of technological factors on the throughput capacity of the dispenser of a pneumatic sowing machine. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2023, vol. 53, no. 12, pp. 104–111. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-12-12>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

В связи с увеличением потребности сельскохозяйственного производства в новых усовершенствованных посевных агрегатах, оснащенных системой точного земледелия, актуализируется необходимость создания исполнительных механизмов, которые позволят обеспечивать настройки рабочих органов агрегата в процессе его функционирования [1–4]. Метод дифференцированного посева с учетом особенностей участка, когда переменная норма высева применяется на каждом участке поля отдельно, позволяет оптимизировать плотность посевов с целью получения наилучших агрономического и экономического результатов [5–7].

Одним из важных направлений научных исследований является создание надежных дозаторов, обеспечивающих управляемую подачу семян в пневматическую систему посевной машины¹ [8, 9]. В Сибирском научно-исследовательском институте механизации и электрификации сельского хозяйства был разработан экспериментальный образец дозатора пневматической машины². Дозатор позволяет корректировать норму высева в соответствии с картой-заданием и осуществлять автоматическое отключение подачи семян в семяпровод при разворотах агрегата на краю поля для предотвращения перерасхода семян и исключения повторного сева. Для обоснования параметров опытного образца были определены цель и задачи исследования.

¹Лепешкин Н.Д., Мижурин В.В., Заяц Д.В. Анализ дозирующих устройств посевных машин и определение пути их совершенствования для высева труднораспускающихся семян трав // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межведомственный тематический сборник. Минск, 2018. С. 114–119.

²Пат. 2737206 С 1, Российская Федерация. Высевающий аппарат для точного земледелия. Заявка № 2019120296 от 27.06.2019 г.; опубл. 26.11.2020 г.

Цель исследования – определение конструктивных и технологических параметров экспериментального дозатора пневматической посевной машины.

Задачи исследования:

1) проведение лабораторного исследования процесса дозирования семян в экспериментальном дозаторе пневматической посевной машины;

2) определение закономерности взаимного влияния значимых факторов на пропускную способность дозатора и описание их с помощью регрессионных уравнений.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследование проводили [10–12] на экспериментальной лабораторной установке (см. рис. 1). Данная установка представляет собой раму, на которой установлены дозатор, приемный бункер, электродвигатель, актуатор и выгрузной приемник-накопитель. Привод дозатора от электродвигателя осуществляется через ременную передачу.



Рис. 1. Лабораторная установка для проведения исследований с экспериментальным дозатором: 1 – дозатор; 2 – рама; 3 – ротор; 4 – электродвигатель; 5 – приводной ремень; 6 – частотный преобразователь; 7 – актуатор; 8 – приемный бункер; 9 – поводок; 10 – выгрузной приемник-накопитель

Fig. 1. Laboratory setup for conducting research with an experimental dispenser: 1 – dispenser; 2 – frame; 3 – rotor; 4 – electric motor; 5 – drive belt; 6 – frequency converter; 7 – actuator; 8 – receiving hopper; 9 – leash; 10 – unload receiver storage

Необходимые обороты дозатора устанавливали с помощью инвертора (6) марки ESO 1000 3PH AC 380V. Контроль оборотов проводили с помощью цифрового фототахометра «Мегеон 18001». Вес загружаемого материала измеряли электронными весами SWII-20. Время прохода через дозатор заданной порции зерна фиксировали секундомером «CHRONOGRAPH».

Дозатор (см. рис. 2) состоит из корпуса, внутри которого расположен ротор, состоящий из барабана с желобками для мелкосемянных культур, заслонки загрузочного окна, соединенного посредством поводка с актуатором, и привода. В нижней части дозатора расположено выгрузное окно, внутри которого встроен затвор (см. рис. 3). Изменение высоты затвора влияет на пропускную способность дозатора.

В ходе исследования провели два эксперимента. В первом эксперименте определяли влияние на пропускную способность дозатора (Y , кг/мин) трех значимых переменных факторов:

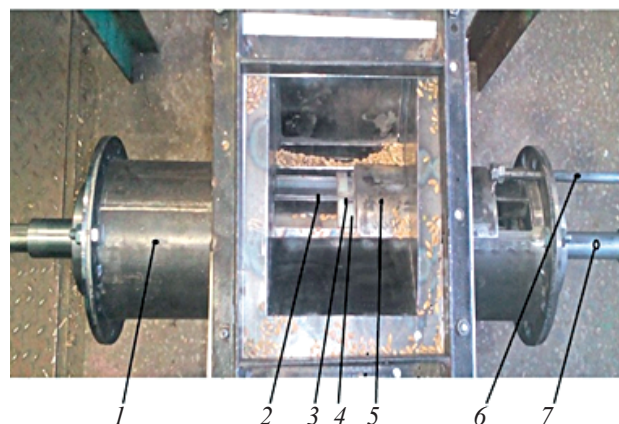


Рис. 2. Дозатор высевашего аппарата для сеялок точного земледелия:

1 – корпус; 2 – ротор; 3 – барабан ротора; 4 – желобки для высева мелкосемянных культур; 5 – заслонка загрузочного окна; 6 – поводок заслонки загрузочного окна; 7 – привод ротора

Fig. 2. Dispenser of the seeding apparatus for precision farming seeders:

1 – body; 2 – rotor; 3 – rotor drum; 4 – grooves for sowing small-seeded crops; 5 – loading window flap; 6 – loading window flap leash; 7 – rotor drive

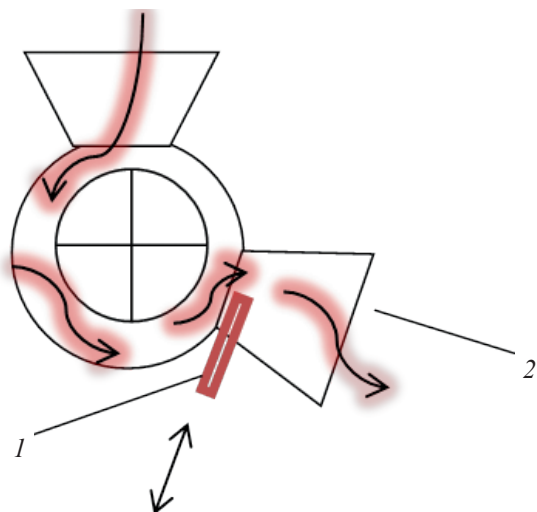


Рис. 3. Схема расположения затвора выгрузного окна дозатора:

1 – затвор выгрузного окна; 2 – выгрузное окно

Fig. 3. Layout of the flap of the discharge window of the dispenser:

1 – flap of the unloading window; 2 – unloading window

V – скорость вращения ротора, об./мин
($V^- = 25$, $V^+ = 105$);

U – объем катушки дозатора, дм³
($U^- = 0,150$, $U^+ = 0,600$);

H – высота затвора выгрузного окна, см
($H^- = 1$, $H^+ = 5$).

В качестве рабочего материала использовали зерно пшеницы. Опыты проводили по матрице планирования ПФЭ 23 с трехкратной повторностью (см. табл. 1, 2).

Табл. 1. Таблица кодирования факторов
Table 1. Factor coding table

Фактор	Верхний уровень (+)	Нижний уровень (–)	Центр (0)	Интервал варьирования	Зависимость кодированной переменной от натуральной
V	105	25	65	40	$x_1 = \frac{V-65}{40}$
U	0,600	0,150	0,375	0,225	$x_2 = \frac{U-0,375}{0,225}$
H	5	1	3	2	$x_3 = \frac{H-3}{2}$

Табл. 2. Исходная матрица планирования в кодированном виде с результатами опыта

Table 2. Initial planning matrix in encoded form with the results of the experiment

Номер эксперимента	Исследуемый фактор			Результаты опыта		
	x_1	x_2	x_3	Y_1	Y_2	Y_3
1	+	+	–	11,892	11,890	12,075
2	–	+	–	4,095	4,114	4,154
3	+	–	–	2,785	2,849	2,783
4	–	–	–	1,101	1,075	1,073
5	+	+	+	26,182	25,413	25,411
6	–	+	+	7,855	7,928	7,926
7	+	–	+	6,554	6,359	6,357
8	–	–	+	2,431	2,413	2,409

Затем провели обработку данных эксперимента, рассчитали уравнение регрессии первого порядка, выполнили его статистическую оценку и анализ.

Во втором эксперименте дополнительно исследовали зависимость пропускной способности дозатора (y , кг/мин) от скорости вращения ротора и высоты затвора выгрузного окна дозатора. Объем катушки дозатора установили постоянным – 0,375 дм³. В качестве рабочего материала использовали зерно пшеницы. Уровни переменных факторов выбрали следующие:

V – скорость вращения ротора, об./мин
($V^- = 25$, $V^0 = 65$, $V^+ = 105$);

H – высота затвора, см
($H^- = 1$, $H^0 = 3$, $H^+ = 5$).

Опыты и обработку данных проводили по матрице ортогонального плана второго порядка с одной точкой в центре плана (см. табл. 3–5).

Была проведена обработка данных эксперимента, рассчитано уравнение регрессии второго порядка, выполнены его статистическая оценка и анализ.

Табл. 3. Таблица кодирования факторов

Table 3. Factor coding table

Фактор	Верхний уровень (+)	Нижний уровень (-)	Центр (0)	Интервал варьирования	Зависимость кодированной переменной от натуральной
V	105	25	65	40	$x_1 = \frac{V-65}{40}$
H	5	1	3	2	$x_2 = \frac{H-3}{2}$

Табл. 4. Исходная матрица планирования в кодированном виде с результатами опыта

Table 4. Initial planning matrix in encoded form with the results of the experiment

Номер эксперимента	Исследуемый фактор		Результаты опыта		
	x_1	x_2	y_1	y_2	y_3
1	+	+	7,982	8,207	8,131
2	-	+	2,736	2,710	2,693
3	+	-	16,111	15,263	15,000
4	-	-	5,058	5,029	5,000
5	+	0	14,262	15,000	15,273
6	-	0	4,915	4,888	4,943
7	0	+	6,041	5,649	5,541
8	0	-	10,610	11,154	11,013
9	0	0	10,235	10,741	10,610

Табл. 5. Матрица ортогонального плана второго порядка

Table 5. Second order orthogonal plan matrix

Содержание плана	Номер опыта	x_0	x_1	x_2	$x_1 \times x_2$	$x_1' = x_1^2 - 0,666$	$x_2' = x_2^2 - 0,666$	y_{cp}
Ядро ЦКП (ПФР 2 ^к)	1	1	+	+	+	1/3	1/3	8,107
	2	1	-	+	-	1/3	1/3	2,713
	3	1	+	-	-	1/3	1/3	15,458
	4	1	-	-	+	1/3	1/3	5,029
Звездные точки ($\alpha = 1$)	5	1	+	0	0	1/3	-2/3	14,845
	6	1	-	0	0	1/3	-2/3	4,915
	7	1	0	+	0	-2/3	1/3	5,744
	8	1	0	-	0	-2/3	1/3	10,926
Центр ЦКП	9	1	0	0	0	-2/3	-2/3	10,529

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам первого эксперимента получили уравнение регрессии в кодированном виде

$$Y = 7,80 + 3,91x_1 + 4,61x_2 - 2,81x_3 + 2,48x_1x_2 - 1,53x_1x_3 - 1,57x_2x_3 - 0,96x_1x_2x_3. \quad (1)$$

По данным уравнения регрессии (1) построен график, на котором отражено влияние исследуемых факторов на пропускную способность дозатора (см. рис. 4).

По уравнению регрессии и графику видно, что наиболее сильное влияние на пропускную способность дозатора (Y) оказывает объем катушки дозатора (x_2), так как он имеет наибольший по абсолютной величине коэффициент. После него по силе влияния идут скорость вращения ротора (x_1) и высота затвора (x_3). Знаки коэффициентов показывают, что с увеличением скорости вращения ротора (x_1) и объема катушки (x_2) пропускная способность дозатора повышается, снижается – при увеличении высоты затвора (x_3).

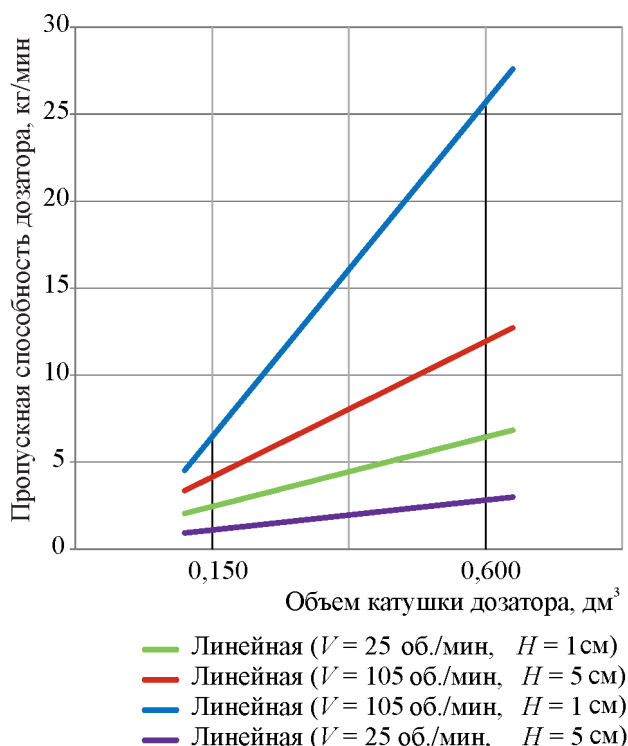


Рис. 4. Зависимость пропускной способности от объема катушки дозатора

Fig. 4. Throughput capacity dependence on the dispenser coil volume

На основе данных второго эксперимента составили уравнение регрессии второго порядка в кодированном виде

$$y = 8,7 + 4,29x_1 - 2,48x_2 - 1,26x_1x_2 - 0,41x_1^2 - 1,58x_2^2. \quad (2)$$

Графики зависимости пропускной способности дозатора от скорости вращения ротора и высоты затвора выгрузного окна представлены на рис. 5, 6.

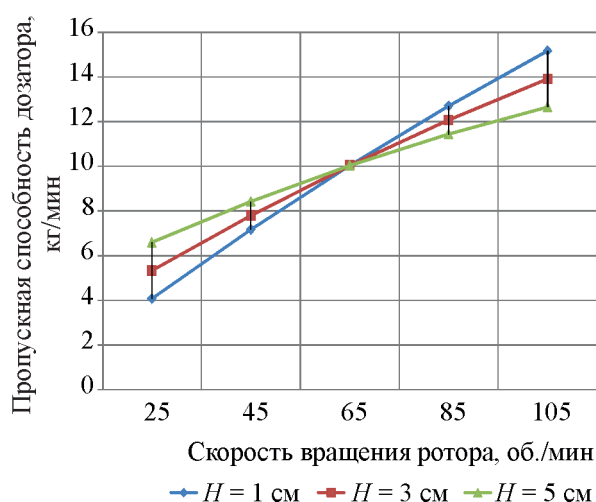


Рис. 5. Зависимость пропускной способности от скорости вращения ротора дозатора

Fig. 5. Throughput capacity dependence on the speed of rotation of the dosing rotor

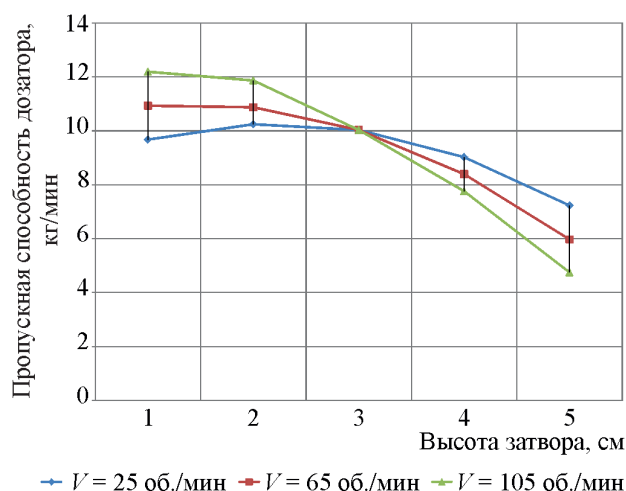


Рис. 6. Зависимость пропускной способности от высоты затвора дозатора

Fig. 6. Throughput capacity dependence on the height of the dispenser gate

По уравнению регрессии (2) и графикам можно отметить, что наиболее сильное влияние на пропускную способность дозатора (y) оказывает скорость вращения ротора (x_1), меньшее – высота затвора выгрузного окна (x_2). Повышение скорости вращения ротора (x_1) нелинейно влияет на увеличение пропускной способности дозатора, и наоборот, увеличение высоты затвора выгрузного окна (x_2) ведет к нелинейному снижению его пропускной способности.

Расчетные данные первого и второго экспериментов хорошо согласуются между собой.

ВЫВОДЫ

1. В результате обработки экспериментальных данных составлены уравнения регрессии, описывающие влияние технологических значимых факторов на пропускную способность дозатора.

2. По характеристикам полученных уравнений регрессии видно, что наиболее значимое влияние на пропускную способность дозатора оказывает объем катушки.

3. Максимальная пропускная способность дозатора отмечается при скорости вращения ротора в пределах 80–100 об./мин.

4. Наибольшая скорость подачи и исключение самопроизвольной утечки семян из дозатора в семяпровод достигаются при высоте затвора выгрузного окна дозатора в пределах 2 см.

5. Результаты исследования могут быть использованы при доработке конструкции дозатора с целью применения его в качестве исполнительного механизма системы комплексной автоматизации посевного агрегата.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Беляев В.И., Буксман В.Э., Прокопчук Р.Е. Мониторинг работы посевных комплексов Condor 15000 и Citan Z в Алтайском крае // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2021. № 4 (198). С. 100–109.
- Булавицев Р.А. Анализ конструкций высевающих аппаратов для высева зерновых культур // Агротехника и энергообеспечение. 2018. № 2 (19). С. 74–84.

3. Камбулов С.И., Пархоменко Г.Г., Божко И.М., Бойко А.А. Результаты экспериментальных исследований сеялки для рядового посева СЗД-4,0 // Сельскохозяйственная техника и технологии. 2020. № 14 (2). С. 41–45.
4. Хижняк В.И., Кочергин А.С., Несмиян А.Ю., Кормильцев Ю.Г., Таранов В.А. Экспериментальное исследование процесса дозирования семян аппаратом с нагнетаемым потоком воздуха // Вестник аграрной науки Дона. 2022. Т. 15. № 3 (59). С. 50–60.
5. Ахалая Б.Х., Шогенов Ю.Х., Старовойтов С.И., Квас С.А. Конструктивная модернизация пневматических высевальных устройств // Российская сельскохозяйственная наука. 2022. № 6. С. 69–72.
6. Текушев А.Х., Чаплыгин М.Е., Чулков А.С., Шайхов М.М. Автоматизированные технические средства в посевной технике для селекции и семеноводства сельхозкультур // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. 2022. Т. 69. № 3 (48). С. 49–55.
7. Клещина В.И., Клещин Н.Н., Бураев М.К. Надежность пневматического посевного комплекса на операциях высева семян // Вестник Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления. 2022. № 4 (87). С. 35–39.
8. Кравцов А.В., Коновалов В.В., Кухмазов К.З., Зайцев В.Ю. Функциональная схема посевного агрегата на основе сеялки с пневматическим высевом // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 1. С. 36–44.
9. Лепешкин Н.Д., Мижурин В.В., Заяц Д.В., Филиппов А.И., Пузевич К.Л. Комбинированный почвообрабатывающе-посевной агрегат для высокопроизводительного посева зерновых и других культур // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 3. С. 181–185.
10. Купряшкин В.Ф., Шляпников М.Г., Чаткин М.Н., Уланов А.С., Купряшкин В.В. Методика проведения испытаний катушечного высевального аппарата зерновой сеялки // E-Scio. 2019. № 11 (38). С. 435–441.
11. Купряшкин В.Ф., Наумкин Н.И., Уланов А.С., Безруков А.В., Комолов А.Д., Антипов Ю.А. Экспериментальные исследования высевального аппарата зерновой сеялки СУБМ-3,6 // Инженерные технологии и системы. 2023. Т. 33. № 3. С. 321–338.
12. Синенков Д.В. Методика и результаты полевых исследований сеялки с экспериментальным шнековым дозатором // Сурский вестник. 2019. № 2 (6). С. 43–46.

REFERENCES

1. Belyaev V.I., Buksman V.E., Prokopchuk R.E. Monitoring Condor 15000 and Citan Z seed drills in the Altai Territory. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Altai State Agricultural University*, 2021, no. 4 (198), pp. 100–109. (In Russian).
2. Bulavintsev R.A. The construction analysis of the seeding units for sowing grain crops. *Agrotekhnika i energoobespecheniye = Agrotechnics and energy supply*, 2018, no. 2 (19), pp. 74–84. (In Russian).
3. Kambulov S.I., Parkhomenko G.G., Bozhko I.M., Boyko A.A. Results of Experimental Studies of the Seed Drill for Row Sowing SZD-4.0. *Selskokhoziystvennaya tekhnika i tekhnologii = Agricultural Machinery and Technologies*, 2020, no. 14 (2), pp. 41–45. (In Russian).
4. Khizhnyak V.I., Kochergin A.S., Nesmian A.Yu., Kormiltsev Yu.G., Taranov V.A. Experimental research of the process of dosing using a dispenser with forced air flow. *Vestnik agrarnoy nauki Dona = Don agrarian science bulletin*, 2022, vol. 15, no. 3 (59), pp. 50–60. (In Russian).
5. Akhalaya B.Kh., Shogenov Yu.Kh., Starovoi-tov S.I., Kvass S.A. Constructive modernization of pneumatic seeding devices. *Rossiyskaya selskokhoziystvennaya nauka = Russian Agricultural Sciences*, 2022, no. 6, pp. 69–72. (In Russian).
6. Tekushev A.Kh., Chaplygin M.E., Chulkov A.S., Shaykhov M.M. The automated technical means in sowing equipment for breeding and seed production of agricultural crops. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovaniye v APK = Electrical technology and equipment in the Agro-Industrial Complex*, 2022, vol. 69, no. 3 (48), pp. 49–55. (In Russian).
7. Kleshina V.I., Kleshin N.N., Buraev M.K. Reliability of the pneumatic sowing complex in seed sowing operations. *Vestnik VSGUTU = Bulletin of ESSUTM*, 2022, no. 4 (87), pp. 35–39. (In Russian).
8. Kravtsov A.V., Konovalov V.V., Kukhma-zov K.Z., Zaitsev V.Y. Functional diagram of the sowing unit based on a pneumatically operated

- seeder. *Izvestiya Samarskoy gosudarstvennoy selskokhoziystvennoy akademii = Bulletin Samara State Agricultural Academy*, 2020, no. 1, pp. 36–44. (In Russian).
9. Lepeshkin N.D., Mizhurin V.V., Zayats D.V., Filippov A.I., Puzevich K.L. Combined tillage and sowing unit for high-performance sowing of cereals and other crops. *Vestnik Belorusskoy gosudarstvennoy selskokhoziystvennoy akademii = Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy*, 2021, no. 3, pp. 181–185. (In Russian).
10. Kupriashkin V.F., Shlyapnikov M.G., Chatkin M.N., Ulanov A.S., Kupryashkin V.V. The method of testing the coil seeding machine of a grain planter. *E-Scio = E-Scio*, 2019, no. 11 (38), pp. 435–441. (In Russian).
11. Kupryashkin V.F., Naumkin N.I., Ulanov A.S., Bezrukov A.V., Komolov A.D., Antipov Yu.A. Experimental studies of the seed sowing device for the grain seeder SUBM-3.6. *Inzhenernie tekhnologii i sistemy = Engineering Technologies and Systems*, 2023, vol. 33, no. 3, pp. 321–338. (In Russian).
12. Sinenkov D.V. The methodology and results of field research planter with the experimental auger dispenser. *Surskiy vestnik = Sursky Vestnik*, 2019, no. 2 (6), pp. 43–46. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Рассомахин Г.К.**, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск, а/я 463; e-mail: rgk1959@yandex.ru

Яковлев Н.С., доктор технических наук, главный научный сотрудник, заведующий лабораторией

Чернышов А.П., старший научный сотрудник

Черных В.И., инженер-исследователь

AUTHOR INFORMATION

✉ **Gennady K. Rassomakhin**, Candidate of Science in Engineering, Lead Researcher; **address:** PO Box 463, Krasnoobsk, Novosibirsk region, 630501, Russia; e-mail: rgk1959@yandex.ru

Nikolay S. Yakovlev, Doctor of Science in Engineering, Head Researcher, Laboratory Head

Alexander P. Chernyshov, Senior Researcher

Vladimir I. Chernykh, Engineer-Researcher

Дата поступления статьи / Received by the editors 04.10.2023
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 26.11.2023
Дата публикации / Published 25.12.2023