

ОБЕСПЕЧЕНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ВЫСЕВАЮЩЕГО АППАРАТА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ

ENSURING THE OPERATING MODES OF THE SEEDING APPARATUS SPECIALIZED EQUIPMENT

И.М. КИРЕЕВ, д.т.н.
З.М. КОВАЛЬ, к.т.н.
Ф.А. ЗИМИН

Новокубанский филиал ФГБНУ «Росинформагротех»
(КубНИИТИМ), Новокубанск, Россия, zinakoval@mail.ru

I.M. KIREEV, Dsc in Engineering
Z.M. KOVAL', PhD in Engineering
F.A. ZIMIN

Novokubansk Affiliate of Rosinformagrotekh (KubNIITiM),
Novokubansk, Russia, zinakoval@mail.ru

Предметом исследования является процесс высева семян высевающим аппаратом и показатели качества их распределения в рядок. Цель исследований – обоснование рационального технологического процесса распределения семян пропашных культур в рядок пневматическим высевающим аппаратом. Применялось специальное оборудование в системе обеспечения оборотов высевающего диска, присасывания семян к его отверстиям, пневмотранспорта семян после отделения от отверстия высевающего диска для контактного взаимодействия с приемной площадкой датчика числа семян и осаждения в сборнике. Новизна исследований заключается в применении акустического датчика единичной регистрации высеваемых высевающим аппаратом семян с малым промежутком времени, позволяющего проводить оценку качества работы высевающего аппарата по среднеквадратическому отклонению семян от заданной нормы их высева в нормальном их распределении в соответствии с законом больших чисел. Режим работы пневматического высевающего аппарата с применением специализированного оборудования в составе испытательного стенда осуществлялся на примере высева семян подсолнечника с нормой высева 3 шт./пог. м для условной скорости движения сеялки 9 км/ч. Полученные данные с различными промежутками времени между регистрируемыми семенами представлялись в формате *.WAV программой «PTC Mathcad Prime» классовыми распределениями семян в графическом виде и в табличной форме. Качественные показатели семян для посева и их классовое распределение в рядок рациональными режимами работы высевающего аппарата, оцениваемые специализированным оборудованием при применении закона больших чисел, являются основой научных исследований по прогнозированию урожайности пропашных культур.

Ключевые слова: высевающий аппарат, специальное оборудование, датчик, единичная регистрация семян, подсолнечник, распределение.

Для цитирования: Киреев И.М., Коваль З.М., Зимин Ф.А. Обеспечение режимов работы высевающего аппарата специализированным оборудованием // Тракторы и сельхозмашины. 2021. № 4. С. 6–12. DOI: 10.31992/0321-4443-2021-4-6-12.

The subjects of the research are the process of sowing seeds with a seeding apparatus and the indicators of quality of their distribution in a row. The goal is to substantiate a rational technological process of distributing row crops seeds in a row with a pneumatic seeding apparatus. Special equipment was used in the system of ensuring the revolutions of the seeding disc, sucking seeds to its holes, pneumatic transport of seeds after separation from the opening of the seeding disc for contact interaction with the receiving platform of the sensor of the number of seeds and its settling in the collector. The novelty of the research lies in the use of an acoustic sensor for a single registration of the sowed seeds with a short time interval, which makes it possible to assess the quality of the operation of the sowing device by the standard deviation of seeds from a given seeding rate in their normal distribution in accordance with the law of numbers. The operating mode of the pneumatic seeding apparatus from specialized equipment as part of the test bench was carried out as an example of sowing sunflower seeds with a seeding rate of 3 seeds/linear meter for the conventional seeder speed of 9 km/h. The data obtained with different time intervals between the registered seeds in WAV format by the PTC Mathcad Prime software was represented by classical distributed seeds in graphical form and data in tabular form. The quality indicators of seeds for sowing and their class distribution in a row by rational operating modes of the seeding apparatus, assessed by specialized equipment when applying the law of large numbers, are the basis of scientific research on predicting the yield of row crops.

Keywords: seeding apparatus. Special equipment, sensor, single seeds registration of, sunflower, the distribution.

Cite as: Kireev I.M., Koval' Z.M., Zimin F.A. Ensuring the operating modes of the seeding apparatus specialized equipment. Traktory i sel'khoz mashiny. 2021. No 4, pp. 6–12 (in Russ.). DOI: 10.31992/0321-4443-2021-4-6-12.

Введение

В настоящее время в системах точного земледелия повышаются требования к соблюдению заданной нормы высева, как одного из условий программируемого урожая. Технология точного высева семян имеет особое значение при производстве пропашных культур с применением широкого спектра пневматических сеялок как отечественного, так и иностранного производства (СУПН-8А, СКПП-12, СПК-8, СПКА-1 «Тана», УПС-12, УПС-8, СТВ-107/2 «АиСТ», MaterMass, Gaspardo, Optima и др.) [1–3]. В данных сеялках применяется высевающий аппарат пневматического принципа действия. Совершенствование конструкций высевающих аппаратов сеялок точного высева направлено на дальнейшее повышение точности отбора семян, универсальности (возможности высева семян, различающихся физико-механическими свойствами). Разработка новых машинных технологий для возделывания сельскохозяйственных культур осуществляется по результатам испытаний сеялок и их высевающих аппаратов, приобретающим в настоящее время особую значимость.

Процесс пунктирного высева семян пропашных культур содержит цепь случайных событий, при которых конечный результат распределения семян будет иметь неизбежные отклонения от расчетных значений. Для того чтобы уменьшить эти отклонения и разместить семена вдоль рядка по возможности более точно, необходимо систематизировать факторы, действующие на каждом этапе процесса, и отыскать возможности управления ими, то есть изменить их случайный характер на предсказуемый и полезный для четкости процесса высева [4]. Возможность такого предсказания базируется на качественных показателях выбора семян для посева и их распределения в рядок контролируемыми режимами работы высевающего аппарата и системой обеспечения точной регистрации семян.

Семена для посева предлагают различные фирмы, и по причине технологического процесса воздушной сепарации семян на фракции по удельному весу качественный и количественный отбор семян для посева может отличаться [5]. Например, показателями калибровки семян подсолнечника являются масса 1000 г семян, составляющая в исходной фракции 74,3 г; во второй фракции – 77,4 г; в третьей фракции – 71,58 г. Эти фракции повы-

шают всхожесть семян на 5 %. В то же время на урожайность подсолнечника влияет распределение семян в рядок высевающим аппаратом (ВА), которое при скорости движения сеялки 9 км/ч (2,5 м/с) должно обеспечиваться с промежутком времени 0,133 с между дозированием семян в рядок. Незначительное отличие в размерно-массовых характеристиках семян, начальных скоростях отделения от отверстий высевающего диска, скоростях их витания и ориентации учесть практически невозможно, что является их случайным отклонением от нормы распределения в рядок.

Поэтому производителям растениеводческой продукции непросто определить с выбором семян для посева. Каждое исследование случайных явлений, выполненное методами теории вероятностей, прямо или косвенно опирается на экспериментальные данные и систему наблюдений. Известные методы, средства контроля и оценки качества высева семян высевающими аппаратами точного высева не в полной мере соответствуют современным требованиям точного земледелия в части достоверности определения показателей технологического процесса высевающих аппаратов, включают дорогостоящие датчики и аппаратуру с ограниченными возможностями по регистрации семян, имеющих различную массу, неправильную форму (с переменной площадью проекции). До настоящего времени исследования были направлены на совершенствование конструкций высевающих аппаратов при оценке распределения семян в рядок с применением липкой ленты и ячеек для сбора семян [4]. Такие исследования по причине трудоемкости работ ограничены количеством экспериментальных данных; в связи с этим результаты наблюдений и их обработка всегда содержат больший или меньший элемент случайности [6]. Однако, чтобы добиться желаемой надежности и точности измерений, вероятности получения тех же результатов при повторении опыта, необходимо иметь специальное современное измерительное оборудование для точного контроля режимов работы высевающего аппарата.

Цель исследований

Обоснование рационального технологического процесса распределения семян пропашных культур в рядок пневматическим высевающим аппаратом.

Для достижения поставленной цели предусматривалось выполнение следующих задач:

- разработка специализированного стендового оборудования;
- определение показателей качества распределения семян в рядок и рациональных режимов работы высевающего аппарата.

Материалы и методы

Для реализации поставленной цели применялось специализированное оборудование в составе испытательного стенда, позволяющее обеспечивать работу высевающего аппарата пневматического принципа действия, создавать разрежение и контролировать его при удержании семян пропашных культур на отверстиях высевающего диска. Регистрация высеваемых семян датчиком обеспечивалась при их пневмотранспорте в пневматическом устройстве и обязательном условии единичного нахождения в приемной трубке, позволяющем программой на компьютере получать электрические импульсы от датчика числа семян с промежутками времени между ними для обработки и получения информационных сведений о распределении качественных семян в рядок технологическими режимами высевающего аппарата [7].

Специализированное оборудование для определения параметров высевающих аппаратов сеялок точного высева представлено на рис. 1.

На рис. 1 обозначено: 1 – корпус стенда; 2 – электродвигатель 220 В с редуктором для вращения высевающего диска высевающего аппарата и коробом для хранения провода электропитания, закрепленные на кронштейне; 3 – высевающий аппарат сеялки фирмы MaterMass (мод. 3XL); 4 – цепная передача; 5 – пневматическое устройство; 6 – датчик регистрации семян; 7 – тягомер мембранный, показывающий T_m МП–100–М1; 8 – кронштейн для установки высевающего аппарата на специализированном оборудовании; 9 – электрический щит монтажный с панелью; 10 и 11 – колеса (задние и передние соответственно) для передвижения специализированного оборудования; 12 – бункер для засыпки семян; 13 – пневмошланги.

При испытании высевающих аппаратов важным является обеспечение плавного и равномерного вращения высевающего диска для захвата и удержания семян вакуумом на отверстиях высевающего диска. Для обеспечения такого условия был выбран асинхронный трехфазный двигатель с редуктором, общий вид которого приведен на рис. 2.

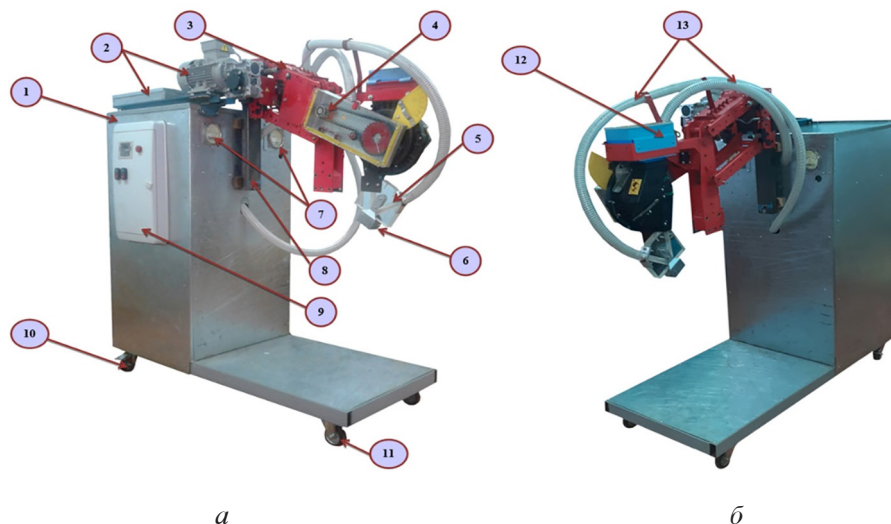


Рис. 1. Общий вид специализированного оборудования для определения характеристик высевающих аппаратов пропашных сеялок точного высева:

а) вид спереди – слева; б) вид спереди – справа

Fig. 1. General view of the specialized equipment for determining the characteristics of the seeding devices of the precision seed drills: а) view from the front to the left; б) view from the front to right



Рис. 2. Общий вид асинхронного трехфазного двигателя с редуктором:
а) вид справа; б) вид слева

Fig. 2. General view of an asynchronous three-phase motor with a gearbox:
a) right side view; b) left side view

Работа асинхронного трехфазного двигателя с редуктором обеспечивается преобразователем частоты (рис. 3).

Характеристика преобразователя частоты: входное напряжение – 220 В, частота – 50/60 Гц; выходное напряжение – 0–220 В; сила тока – 7 А.

Разработанное специализированное оборудование предназначено для обеспечения режимов работы высевающего аппарата, работы пневматических систем для присасывания вакуумом семян к отверстиям высевающего диска, а также пневматического транспорта высеваемых семян для контактного взаимодействия с поверхностью датчика и единичного счета с последующим их сбором в специальный инерционный сборник. Вакуум перед высевающим диском и пневмотранспорт семян обеспечиваются вакуумными насосами с регуляторами разрежения.

Для получения графической зависимости оборотов высевающего диска от заданной ча-

стоты преобразователя напряжения использовался тахометр класса точности 1,0.

График зависимости оборотов высевающего диска от заданной частоты преобразователя напряжения приведен на рис. 4.

В соответствии с «Методикой определения характеристик высевающих аппаратов сеялок точного высева с применением разработанного специализированного оборудования» регистрируемые датчиком семена передавались электрическими импульсами на компьютер и регистрировались специализированной программой «Audacity» для записи аудио, которая способна сохранять полученные данные в формате *.WAV. Для анализа полученных данных была применена программа «PTC Mathcad Prime» по представлению классовых распределений семян в графическом виде.

Теоретическим обоснованием возможности экспериментального определения вероятностных характеристик является закон больших чисел [8]. Нормальное распределение графически выражается в виде кривой колоколообразного типа [9]. Кривая нормального распределения симметрична относительно ординаты точки (среднее арифметическое значение \bar{X} величин x):

$$x_i = \bar{X}, \quad (1)$$

где x_i – переменная случайная величина; \bar{X} – среднее арифметическое значение величин x .

Положение кривой относительно начала координат и ее форма определяются двумя параметрами: \bar{X} и σ (среднее квадратичное отклонение случайной величины x от \bar{X}) [9]. С изменением \bar{X} форма кривой не изменяется, но изменяется ее положение относительно начала координат.



Рис. 3. Преобразователь частоты

Fig. 3. Frequency converter

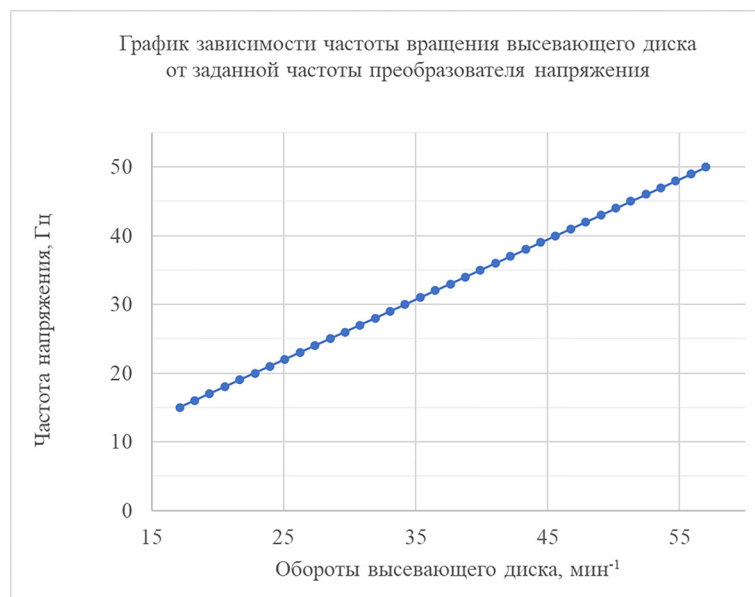


Рис. 4. График зависимости оборотов высевающего диска от частоты преобразователя напряжения

Fig. 4. Graph of the dependence of the seeding disc revolutions on the frequency of the voltage converter

С изменением σ положение кривой не изменяется, но изменяется ее форма. С уменьшением σ кривая становится более вытянутой, а ветви ее сближаются; с увеличением σ , наоборот, кривая становится более плоской формы, а ветви ее раздвигаются шире. Результаты отдельных измерений имеют достаточно большой разброс относительно среднего арифметического, а разброс отдельных средних арифметических значительно меньше. Он уменьшается по мере увеличения числа измерений [9].

Таким образом, при технологических режимах работы высевающего аппарата лучшие показатели семян и их распределение в рядке в опытах характеризуются при сближении ветвей кривой к теоретически заданной норме их высева. Оценку среднего квадратичного отклонения регистрируемых датчиком семян от заданной нормы их высева (принимаемой средним арифметическим значением \bar{X}) при случайном их распределении в рядок высевающим аппаратом возможно определять из выражения [9]:

$$\sigma_{\bar{X}} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}, \quad (2)$$

где n – число случайных величин (число регистрируемых семян).

Величина $\sigma_{\bar{X}}$ характеризует разброс отдельных результатов измерения относительно среднего арифметического значения \bar{X} . Ми-

нимальное значение величины $\sigma_{\bar{X}}$ определяет рациональное распределение в рядок качественных семян в технологическом процессе их высева высевающим аппаратом.

Результаты и обсуждение

Полученные данные с различными промежутками времени между регистрируемыми семенами в формате *.WAV программой «PTC Mathcad Prime» представлялись классовыми распределениями семян в графическом виде (рис. 5), например, числом промежутков между двумя, следующими один за другим, семенами подсолнечника в классовых диапазонах при их распределении в рядок при норме высева 3 шт./пог. м для условной скорости движения сеялки 9 км/ч.

Опытные значения расстояний между семенами, количественные и средние значения семян (в шт.), с расстояниями между ними в опытах, а также разброс отдельных результатов измерения относительно среднего арифметического значения приведены в таблице. Точечная оценка среднеквадратичного отклонения расстояний $\sigma_{\bar{X}}$ в опытах (в м) ($\sigma_{\bar{X}} = 20,31$; $\sigma_{\bar{X}} = 19,9$; $\sigma_{\bar{X}} = 20,74$) свидетельствует о перспективности применения метода и специализированного оборудования [10] для получения информационных сведений о рациональных режимах работы ВА в составе сеялок точного высева.

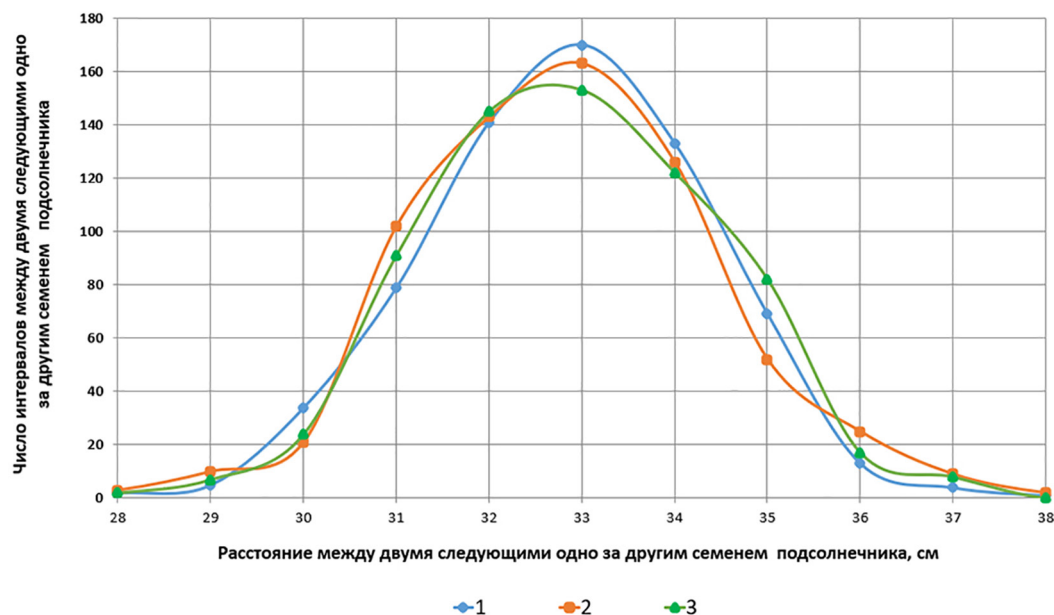


Рис. 5. Число промежутков между двумя, следующими одно за другим, семенами подсолнечника в классовых диапазонах

Fig. 5. Number of gaps between two consecutive sunflower seeds in class ranges

Таблица

Расстояния между семенами, количественные и средние значения семян с расстояниями между ними в опытах, а также разброс результатов измерения относительно среднего арифметического значения
Table. Distances between seeds, quantitative and average values of seeds with distances between them in experiments, as well as the scatter of measurement results relative to the arithmetic mean

| № опыта | Расстояния между семенами, см | | | | | | | | | | | Сумма | |
|--|-------------------------------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------------------|-------|
| | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | | |
| Число семян, шт., с расстояниями между семенами в опытах | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 10 | 21 | 102 | 145 | 163 | 126 | 52 | 25 | 9 | 2 | 657 | |
| 2 | 0 | 7 | 24 | 91 | 143 | 153 | 122 | 82 | 17 | 8 | 0 | 647 | |
| 3 | 2 | 7 | 34 | 79 | 141 | 170 | 133 | 69 | 13 | 4 | 0 | 652 | |
| Средние число семян n_{cp} , шт., с расстояниями между семенами в опытах | | | | | | | | | | | | | |
| n_{cp} | 1,33 | 8 | 26,3 | 90,7 | 143 | 162 | 127 | 67,7 | 15 | 7 | 0,7 | 648,8 | |
| Частота p_p , соответствующая данному разряду | | | | | | | | | | | | | |
| P_1 | 0,003 | 0,01522 | 0,03226 | 0,1553 | 0,221 | 0,2481 | 0,192 | 0,0791 | 0,0381 | 0,0014 | 0,003 | 1 | |
| P_2 | 0 | 0,011 | 0,0371 | 0,1407 | 0,221 | 0,2365 | 0,1886 | 0,1267 | 0,0263 | 0,0124 | 0 | 1 | |
| P_3 | 0,0031 | 0,0107 | 0,0521 | 0,1212 | 0,2163 | 0,2607 | 0,204 | 0,1058 | 0,02 | 0,0061 | 0,0031 | 1 | |
| Суммарные расстояния в классовых промежутках, м | | | | | | | | | | | Сумма | $\sigma_{\bar{x}}$ | |
| $1_{оп} l, м$ | 0,56 | 2,9 | 6,3 | 31,62 | 46,4 | 53,79 | 42,84 | 18,2 | 9 | 3,33 | 0,76 | 215,7 | 20,31 |
| $2_{оп} l, м$ | 0,28 | 2,03 | 7,2 | 29,14 | 45,76 | 50,49 | 41,48 | 28,7 | 6,12 | 2,96 | 0,38 | 214,54 | 19,9 |
| $3_{оп} l, м$ | 0,56 | 2,03 | 10,2 | 24,49 | 45,12 | 56,1 | 45,22 | 24,15 | 4,68 | 3,33 | 0,38 | 216,26 | 20,7 |
| $\Sigma l, м$ | 1,4 | 7,176 | 23,7 | 85,25 | 137,28 | 160,38 | 129,54 | 71,05 | 19,8 | 9,62 | 1,656 | 646,852 | - |
| Среднее | 0,47 | 2,392 | 7,9 | 28,42 | 45,76 | 53,76 | 43,18 | 23,683 | 6,6 | 3,207 | 0,552 | - | - |
| $\sigma_{\bar{x}}$ | 0,465 | 0,721 | 2,888 | 3,62 | 0,64 | 4,02 | 2,68 | 7,45 | 3,11 | 0,368 | 0,32 | - | - |

Выводы

1. Проведенными исследованиями установлено, что с применением специализированного оборудования, пневматического транспортирования семян и единичной их регистрации экспериментально показана возможность применения закона больших чисел для исследования перспективной технологии распределения качественных семян в рядок высевающим аппаратом.

2. Качественные показатели семян для посева и их классовое распределение в рядок рациональными режимами работы высевающего аппарата, оцениваемые специализированным оборудованием при применении закона больших чисел, являются основой научных исследований по прогнозированию урожайности пропашных культур.

Литература

1. Астахов В.С. Пневматические сеялки нового поколения // Тракторы и сельхозмашины. 1998. № 10. С. 7–8.
2. Басин В.С. Состояние и тенденции развития конструкций зарубежных сеялок для сахарной свеклы // Обзор ЦНИИТЭИ «Тракторы и сельхозмашины». М., 1978. Вып. 1. 76 с.
3. Бондаренко П.А. Новые технические средства посева сельскохозяйственных культур // Проблемы борьбы с засухой: сб. науч. тр. Ставрополь: Изд-во СтГАУ «АГРУС», 2005. Т. 2. С. 37–42.
4. Лурье А.Б. К оценке эффективности использования автоматических систем и контроля рабочего процесса зерновой сеялки // Научные труды ЛСХИ. 1978. С. 41–45.
5. Зерноочистительная техника сепаратор САД. Результаты исследований. URL: <http://www.aeromeh.com/researches/> (дата обращения 01.02.2021).
6. Лурье А.Б. Статистическая динамика сельскохозяйственных агрегатов. Изд. 2-е перераб. и доп. М.: Колос, 1981. 382 с.
7. Киреев И.М., Коваль З.М. Исследование распределения семян пневматическим высевающим аппаратом точного посева // Техника и оборудование для села. 2018. № 6. С. 12–18.
8. Колмогоров А.Н. Основные понятия теории вероятностей. М.: Изд-во Наука, 1974. 120 с.
9. Схиртладзе А.Г., Радкевич Я.М. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник. Старый Оскол: ТНТ, 2011. 540 с.
10. Киреев И.М., Коваль З.М., Зимин Ф.А. Новые метод и средства контроля качества работы пневматических высевающих аппаратов точного посева семян // Техника и оборудование для села. 2020. № 1. С. 24–27.

References

1. Astakhov V.S. New generation pneumatic seed drills. *Traktory i sel'khoz mashiny*. 1998. No 10, pp. 7–8 (in Russ.).
2. Basin V.S. *Sostoyaniye i tendentsii razvitiya konstruktivnykh zarubezhnykh seyalok dlya sakharnoy svekly*. *Obzor TSNIIT-EI traktory i sel'khoz mashiny* [State and development trends of designs of foreign seeders for sugar beet. Overview of Central research institute for information and technical and economic research on tractors and agricultural machinery]. Moscow, 1978. Vyp. 1. 76 p.
3. Bondarenko P.A. New technical means of sowing agricultural crops. *Problemy bor'by s zasukhoi*. Sb. nauch. tr. Stavropol' [Drought management problems. Collection of scientific works. Stavropol]: Izd-vo STGAU «AGRUS», 2005. V. 2, pp. 37–42 (in Russ.).
4. Lur'ye A.B. Evaluation of the effectiveness of the use of automatic systems and control of the working process of the grain seeder. *Nauchnyye trudy LSKHI*. 1978, pp. 41–45 (in Russ.).
5. Zernoochistitel'naya tekhnika separator SAD. *Rezultaty issledovaniy* [Grain cleaning equipment separator SAD. Research results]. URL: <http://www.aeromeh.com/researches/> (accessed: 01.02.2021).
6. Lur'ye A.B. *Statisticheskaya dinamika sel'skhozhozyaystvennykh agregatov* [Statistical dynamics of agricultural aggregates]: izd. 2-e pererab. i dop. Moscow: Kolos Publ., 1981. 382 p.
7. Kireyev I.M., Koval' Z.M. Investigation of the distribution of seeds with a pneumatic precision seeding device. *Tekhnika i oborudovaniye dlya sela*. 2018. No 6, pp. 12–18 (in Russ.).
8. Kolmogorov A.N. *Osnovnyye ponyatiya teorii veroyatnostey* [Basic concepts of probability theory]. Moscow: Nauka Publ., 1974. 120 p.
9. Skhirtladze A.G., Radkevich YA.M. *Metrologiya, standartizatsiya i sertifikatsiya* [Metrology, standardization and certification]: *uchebnik*. Staryy Oskol: TNT Publ., 2011. 540 p.
10. Kireyev I.M., Koval' Z.M., Zimin F.A. New methods and means of quality control of pneumatic sowing devices for precise sowing of seeds. *Tekhnika i oborudovaniye dlya sela*. 2020. No 1, pp. 24–27 (in Russ.).