

Счетчики-раскладчики семян при определении посевных качеств

Seed counters and spreaders in determining sowing qualities

Янченко А.В., Федосов А.Ю., Янченко Е.В.,
Азопков М.И.

Yanchenko A.V., Fedosov A.Yu., Yanchenko E.V.,
Azopkov M.I.

Аннотация

В статье представлен комплексный анализ эффективности современных счетчиков-раскладчиков семян, применяемых для определения важнейших посевных качеств: всхожести и энергии прорастания. Исследование охватывает три основных типа устройств: электромагнитные, гравитационные и аспирационные модели, каждый из которых имеет уникальные технические характеристики и принципы работы. Особое внимание уделяется анализу технических особенностей каждого типа счетчиков. Электромагнитные устройства демонстрируют высочайшую точность ($\geq 99,5\%$) при работе с семенами стандартной формы. Аспирационные модели обеспечивают впечатляющую производительность до 300 семян в минуту, сокращая время проведения анализов на 70-80%. Гравитационные системы с калиброванными ячейками обеспечивают надежную работу благодаря точному расчету параметров. В ходе изучения аспирационных счетчиков-раскладчиков выявлены ключевые факторы, влияющие на эффективность работы устройств: морфологические особенности семян, уровень влажности и точность настройки вакуумного давления. Разработанные устройства обладают высокой универсальностью благодаря сменным насадкам, позволяющим работать с семенами размером от 0,5 мм до 15 мм. Практическая значимость исследования подтверждается значительными улучшениями производственных показателей: снижением погрешности анализов с 15% до 0,5%, ускорением селекционных процессов на 30-40% и сокращением потерь урожая до 20%. Внедрение счетчиков-раскладчиков способствует трансформации лабораторных процессов, обеспечивая воспроизводимость результатов и снижение трудозатрат при определении посевных качеств семян овощных культур. Представленные в статье разработки являются важным элементом инновационного развития АПК, способствующим повышению устойчивости урожаев и обеспечению продовольственной безопасности. Разработки, представленные в статье, могут быть использованы при модернизации лабораторных комплексов, внедрении цифровых технологий в сельское хозяйство и совершенствовании процессов получения достоверных результатов при анализе посевных качеств семян с.-х. культур.

Ключевые слова: счетчик-раскладчик семян, посевные качества, всхожесть, автоматизация семенного контроля, точность раскладки.

Для цитирования: Счетчики-раскладчики семян при определении посевных качеств / А.В. Янченко, А.Ю. Федосов, Е.В. Янченко, М.И. Азопков // Картофель и овощи. 2025. №4. С. 50-54. <https://doi.org/10.25630/PAV.2025.87.96.004>

Abstract

The article presents a comprehensive analysis of the effectiveness of modern seed meters used to determine the most important sowing qualities: germination and germination energy. The study covers three main types of devices: electromagnetic, gravitational and aspiration models, each of which has unique technical characteristics and principles of operation. Special attention is paid to analyzing the technical features of each type of meter. Electromagnetic devices demonstrate the highest accuracy ($\geq 99.5\%$) when working with standard-shaped seeds. Aspiration models provide impressive productivity of up to 300 seeds per minute, reducing the analysis time by 70-80%. Gravity systems with calibrated cells ensure reliable operation due to the precise calculation of parameters. During the study of aspiration folding counters, key factors affecting the efficiency of the devices were identified: morphological features of seeds, humidity level and accuracy of vacuum pressure settings. The developed devices are highly versatile due to their interchangeable nozzles, which allow them to work with seeds from 0.5 mm to 15 mm in size. The practical significance of the study is confirmed by significant improvements in production indicators: reduction of the analysis error from 15% to 0.5%, acceleration of breeding processes by 30-40% and reduction of crop losses by up to 20%. The introduction of folding counters contributes to the transformation of laboratory processes, ensuring reproducibility of results and reducing labor costs in determining the sowing qualities of vegetable seeds. The developments presented in the article are an important element of the innovative development of the agro-industrial complex, contributing to increasing crop sustainability and ensuring food security.

Key words: seed meter, sowing qualities, germination, seed control automatization, spreading precision.

For citing: Seed counters and spreaders in determining sowing qualities. A.V. Yanchenko, A.Yu. Fedosov, E.V. Yanchenko, M.I. Azopkov. Potato and vegetables. 2025. No4. Pp. 50-54. <https://doi.org/10.25630/PAV.2025.87.96.004> (In Russ.).

Посевные качества семян – ключевой фактор успешного с.-х. производства, определяющий эффективность всей технологической цепочки выращивания овощных культур. В современной агротехни-

ке особое внимание уделяется показателям чистоты (не менее 99% семян основной культуры), всхожести, энергии прорастания и силы роста, которые напрямую влияют на качество всходов. Всхожесть и масса семян крити-

чески важны для расчета нормы высева и прогнозирования урожайности [1].

При определении посевных качеств семян в специализированных лабораториях специалисты проводят скрупулез-

ный анализ: определяют чистоту, массу 1000 семян, энергию прорастания и всхожесть. Эти характеристики напрямую влияют на силу роста растений и конечную урожайность культур [2].

При проведении массовых анализов на определение всхожести семян часто возникают ошибки при ручном подсчете и раскладке семян (до 15% погрешности), что приводит к неточным результатам. Для решения этой проблемы эффективно использование счетчика-раскладчика семян, который автоматизирует процесс подсчета и раскладки семян на ложе на одинаковом расстоянии друг от друга, что особенно важно при массовом определении всхожести [3, 4].

Современные счетчики-раскладчики представляют собой высокоточное оборудование, исключая влияние человеческого фактора при оценке посевных качеств и прогнозировании урожайности. Их автоматизация позволяет сократить время анализов на 70-80%; снизить трудоемкость операций; повысить точность результатов до 99,5%.

Эти преимущества напрямую влияют на рентабельность сельхозпредприятий, сокращая затраты на технологические операции и оптимизируя планирование посевных кампаний. Современные модели оснащены оптическими сенсорами, работающими с семенами любого

размера – от крупных (огурец, свекла) до мелких (капуста, морковь), что делает их универсальным инструментом для АПК [5].

Конструкции и принципы работы счетчиков-раскладчиков семян при определении всхожести семян

Современные счетчики-раскладчики семян классифицируются на три типа по принципу действия: электромагнитные, гравитационные и аспирационные. Каждый тип использует уникальные физические механизмы для точного отсчета и раскладки семян, что подтверждается патентными разработками и технической литературой.

Электромагнитные счетчики-раскладчики, такие как устройство, запатентованное В.И. Тарушкиным и В.Н. Хрустальевым [6], функционируют за счет воздействия электрического поля. При подаче переменного напряжения на электроды, встроенные в диэлектрическую отсчетную пластину, семена поляризуются и притягиваются к ячейкам. После переноса пластины к месту выкладки напряжение отключается, и семена высвобождаются под действием силы тяжести. Этот метод исключает залипание семян и обеспечивает точность до 99,5%, что особенно ценно в лабораторных условиях. Конструктивно устройство включает ручку-держатель, регулируемую пластину с электродами и источник напряжения.

Усовершенствованная версия использует чередование токопроводящих и диэлектрических слоев, что усиливает поле без повышения напряжения, снижая риск низкотемпературного разряда по поверхности семян [7].

Гравитационные счетчики-раскладчики опираются на силу тяжести для распределения семян через калиброванные ячейки. Семена поступают из бункера на сортировочную решетку, где глубина ячеек адаптируется под размер семян (оптимально – 0,7 мм поперечного диаметра). Этот принцип, описанный в методиках семенного контроля (ГОСТ 12038-84), обеспечивает простоту и энергонезависимость. Однако точность зависит от однородности семян: для некалиброванных партий погрешность возрастает.

Аспирационные счетчики, например разработки А.М. Фоканова [8] и С.В. Харченкова [9], используют разрежение воздуха. Аспиратор создает вакуум, прижимающий семена к перфорированной пластине. Сброс происходит при перекрытии воздушного потока клапаном: мембранным у Фоканова или магнитным у Харченкова. Последняя модернизация включила турбину с реверсированием потока, что ускоряет сброс и повышает надежность. Такие устройства обрабатывают до 200 семян в минуту и поддерживают семена любого размера – от мелких (0,7 мм) до крупных. Недостатком остается шум от двигателя и зависимость от герметичности системы.

Для современных счетчиков-раскладчиков семян овощных культур точность должна быть не менее 99,5% для семян круглой формы, таких как капуста, репа. Этот высокий уровень точности при проведении лабораторных испытаний согласно ГОСТ 12038-84 достигается за счет предварительного разбора семян на чистоту согласно методике ГОСТ 12037-81, в результате которой выделяется отход и семена основной культуры. Однако на точность работы существенно влияют несколько ключевых факторов (**рис. 1**).

Морфология семян играет важную роль в точности раскладки. Неоднородность размера, неправильная форма (например, у семян фацелии) или треуголь-

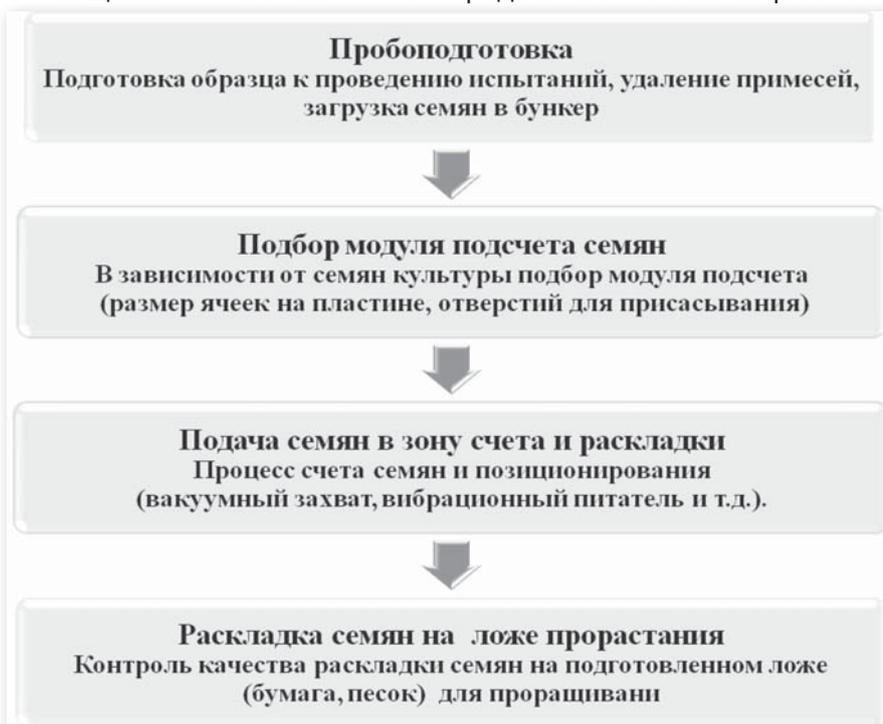


Рис. 1. Блок-схема работы счетчика раскладчика семян

ной геометрии (как у лука репчатого) могут увеличивать погрешность до 3-5%. Влажность материала также критически важна: при уровне выше 15% происходит слипание семян, что приводит к сбоям в работе вакуумных и гравитационных систем.

Настройки оборудования имеют решающее значение для эффективной работы. Для аспирационных моделей критически важен точный подбор уровня разрежения, оптимальный показатель которого составляет 0,4-0,6 атмосферы. Избыточное разрежение может привести к дроблению хрупких семян, а недостаточное – к пропускам. Калибровка является обязательным этапом перед началом работы. Для гравитационных устройств глубина ячеек должна составлять 0,7 диаметра семени, а в электромагнитных системах регулируется напряжение на электродах. Отсутствие калибровки может привести к увеличению погрешности до 10-15%.

Эффективность сброса семян определяется конструкцией механизма. Вакуумные системы, использующие магнитные клапаны [9], обеспечивают 98%-ную эффективность для стандартных семян. Однако для легких семян (мак, табак) или опущенных (хлопок) часть экземпляров может не сбрасываться из-за статического прилипания. Электромагнитные устройства [6] исключают дублирование за счет мгновенного отключения поля, но требуют регулярной чистки электродов каждые 50 циклов для предотвращения накопления пыли. Гравитационные модели подвержены «двойному сбросу» при проведении испытаний по определению посевных качеств семян, что снижает надежность до 85% полученных результатов.

Скорость раскладки варьируется в зависимости от типа прибора и культуры. Аспирационные счетчики, такие как Wintersteiger S 25+, способны раскладывать до 300 семян в минуту для кукурузы. Для мелких семян моркови скорость снижается до 150 семян в минуту из-за необходимости уменьшения шага раскладки. Ручной метод с использованием пинцета значительно уступает автоматизированным системам: подготовка 100 семян занимает 6-8 минут, тогда как автома-

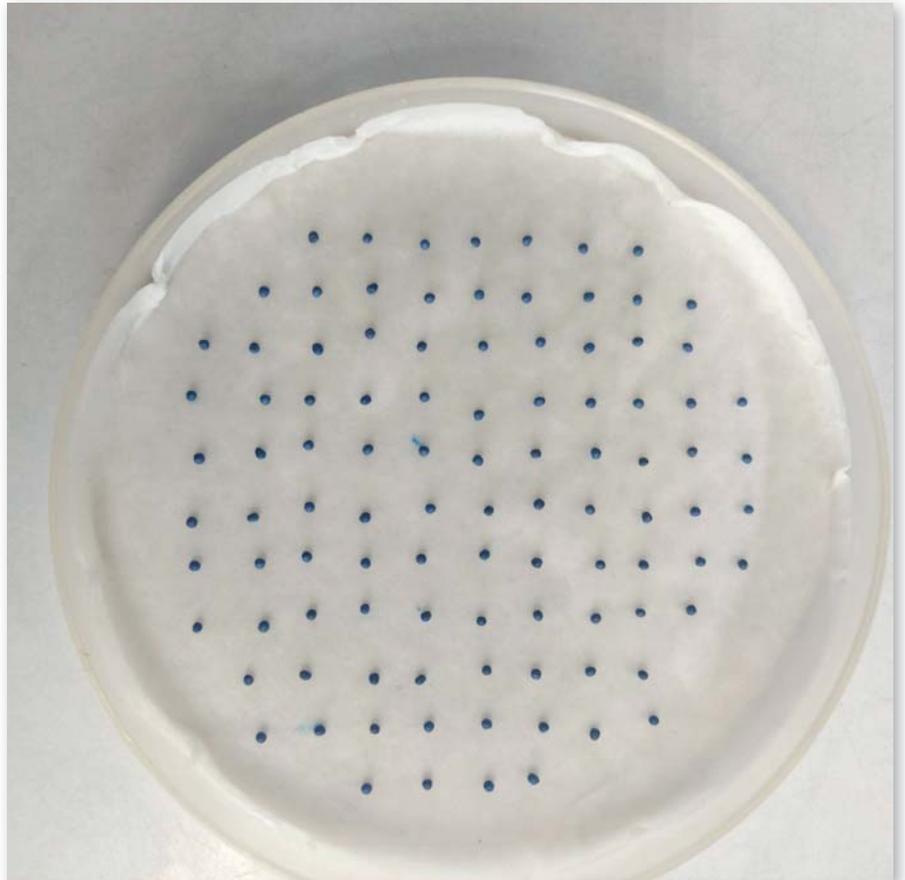


Рис.2. Раскладка калиброванных семян Франции 1,8-2,0 мм капусты белокочанной гибрида F₁ Идиллия

тизированные системы выполняют эту задачу за 0,3-1 минуту (рис. 2). Для культур, требующих позиционирования (арбуз, кабачок при посеве на песок раскладывают зародышем вниз) скорость раскладки всех типов устройств снижается на 40% из-за необходимости точной ориентации семян [10, 11].

Универсальность современных устройств обеспечивается за счет высокоадаптивных моделей, таких как аспирационный CP-202. Эти модели поддерживают диапазон размеров от 0,5 мм (мак) до 15 мм (фасоль) благодаря сменным компонентам. Для мелких семян применяются пластины с микроотверсти-

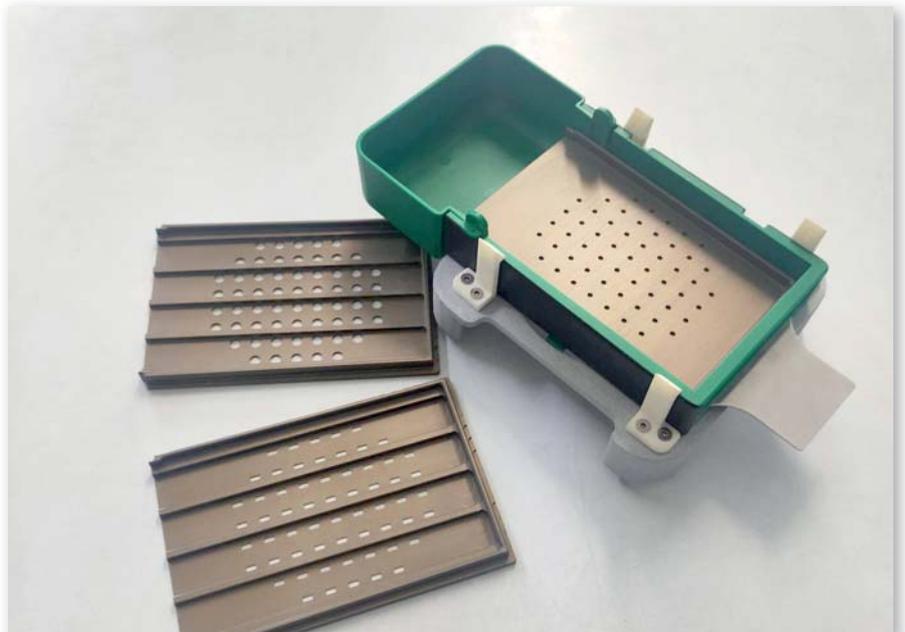


Рис.3. Гравитационный счетчик раскладчик со сменными сетчатыми пластинами для раскладки семян

ями диаметром 0,7 мм и повышенным вакуумом. Для крупных и шероховатых семян (тыква) используются пластины ячеистыми отверстиями с антистатическим покрытием. Без замены насадок универсальность ограничена: один диск обычно охватывает диапазон лишь ± 2 мм от калибровочного размера.

Удобство использования современных устройств оптимизировано для лабораторных потоков. Заливные бункеры оснащены вибрационными податчиками, предотвращающими зависание семян. Смена ложа (рулонной бумаги, кассет) занимает не более 30 секунд благодаря магнитным креплениям. Очистка выполняется за 5-7 минут: съемные части моются под струей воды, а оптические сенсоры продуваются воздухом. Интерфейсы включают сенсорные экраны с предустановленными программами для более чем 50 культур, хотя для нестандартных семян требуется ручная настройка шага раскладки. [12]

Соответствие стандартам обеспечивается сертификацией ведущих моделей по требованиям ISTA (International Seed Testing Association) и ГОСТ 12038-84. Это гарантирует раскладку строго по 100 семян в четырехкратной повторности для анализа всхожести, минимальное расстояние между семенами не менее 1,0 см для предотвращения переплетения корешков (рис. 3), а также автоматическую маркировку лотков с записью параметров (дата, культура, номер партии) для прослеживаемости. В устройствах премиум-класса (например, SeedCount S 25+) соответствие стандартам подтверждается встроенным программным обеспечением, которое блокирует работу при нарушении шага раскладки или количества семян в ряду.

Современные методы подсчета семян разделяются на два ключевых направления: электронно-сенсорные (фотоэлектрические, пьезоэлектрические) и компьютерное зрение с применением сетей глубокого обучения. Первые обеспечивают крупномасштабный подсчет с высокой повторяемостью и скоростью, что доказано исследованиями, а вторые, благодаря алгоритмам ИИ, предлагают неразрушающий, точный и рента-

бельный подход с возможностью интеграции дополнительных параметров анализа (размер, дефекты), что соответствует трендам цифровизации сельского хозяйства и активно вытесняет традиционные технологии. [13,14]

Ручной подсчет семян представляет собой крайне трудоемкий процесс, требующий значительных временных затрат и высокой концентрации внимания. Каждый этап работы – от подготовки образцов до непосредственного подсчета и оценки всхожести – выполняется вручную, что существенно замедляет весь процесс испытаний по определению всхожести семян. При этом высокая стоимость такого метода обусловлена не только затратами на оплату труда специалистов, но и необходимостью привлечения нескольких человек для проверки результатов друг друга, что дополнительно увеличивает временные и финансовые затраты [15]. Субъективность оценок является еще одним существенным недостатком: человеческий фактор неизбежно приводит к возникновению ошибок при подсчете, особенно при работе с большим количеством мелких семян или в случаях, когда требуется оценить степень прорастания. Более того, традиционные методы подсчета не позволяют проводить масштабные исследования в короткие сроки, что критично важно для современных с.-х. исследований, где требуется быстрая оценка качества семян для принятия оперативных решений по посевным работам. [16]

Автоматизация раскладки существенно сокращает влияние человеческого фактора, обеспечивая воспроизводимость результатов. Однако максимальная эффективность достигается только при сочетании трех факторов: правильного выбора типа прибора под конкретную культуру, регулярной калибровки и соблюдения нормативов влажности семян [17].

Выводы

Технологическое развитие в области семенного контроля, инициированная внедрением современных счетчиков-раскладчиков, демонстрирует впечатляющие результаты. Повышение точности определе-

ния всхожести до 99,5%, ускорение процесса подсчета и раскладки в 5-10 раз и высвобождение значительной части рабочего времени специалистов создают качественно новый уровень лабораторной диагностики.

Интеграционные процессы с AI-технологиями и системами управления данными открывают новые горизонты в мониторинге прорастания и управлении информацией. Развитие портативных и гибридных решений расширяет возможности применения устройств, делая их универсальными инструментами для различных типов семян и условий работы.

Практическое значение внедрения счетчиков-раскладчиков охватывает весь спектр агропромышленного комплекса – от испытательных лабораторий до образовательных учреждений. Особенно важно отметить стратегическое влияние на точность посева семян: снижение потерь семян при посеве до 20% и ускорение селекционных процессов на 30-40%.

Эволюция устройств от простых механических помощников до элементов «умных лабораторий» отражает глобальный тренд цифровизации сельского хозяйства. Внедрение счетчиков-раскладчиков представляет собой не просто модернизацию оборудования, а системный подход к повышению эффективности агропроизводства в условиях современных технологических процессов производства сельскохозяйственных культур.

Стандартизированная оценка семян, основанная на использовании современных технологий, становится фундаментальной основой для достижения устойчивых урожаев и обеспечения продовольственной безопасности страны. Это делает счетчики-раскладчики не просто инструментом лабораторного анализа, а ключевым элементом инновационного развития агропромышленного комплекса.

Библиографический список

1. Бурнатов Л. Б. Расчет нормы высева и продуктивность яровой пшеницы // Аграрный вестник Урала. 2006. №5(35). С. 40–43. EDN IJEQDJ.
2. Мусаев Ф.Б., Прияткин Н.С., Кузнец С.М. [и др.]. Цифровая морфометрия семян овощных культур (научно-методическое руководство). М.: Федеральный научный центр овощеводства, 2024. 72 с. EDN OVXNXX.
3. Genze N., Bharti, R., Grieb M. et al. Accurate machine learning-based germination detection, prediction and quality assessment of three grain crops. *Plant Methods* 16, 157 (2020). <https://doi.org/10.1186/s13007-020-00699-x>
4. Khalefa R.A. Precision Seed Testing Equipment. *Journal of Agricultural Engineering*. 2021. Vol. 48(3). Pp. 112–118.
5. Johnson M. Economic Impact of Seed Automation. *Agricultural Economics Review*. 2022. Vol. 19(1). Pp. 34–41.
6. Авторское свидетельство №809261 А1 СССР, МПК G06M 11/00. Счетчик-раскладчик семян: №2774186: заявл. 30.05.1979 : опубл. 28.02.1981 / В.И. Тарушкин, В.Н. Хрусталеv ; заявитель Московский институт инженеров сельскохозяйственного производства им. В.П. Горячкина. EDN FOAXNH.
7. Авторское свидетельство №957240 А1 СССР, МПК G06M 11/00. Счетчик-раскладчик семян : №3286937: заявл. 11.02.1981: опубл. 07.09.1982 / В.И. Тарушкин, В.Н. Хрусталеv, А.А. Якунин ; заявитель Московский институт инженеров сельскохозяйственного производства им. В.П. Горячкина EDN WXMWIN.
8. Авторское свидетельство №238259 А1 СССР, МПК G06M 11/00. Счетчик-раскладчик: №1210878/30-15: заявл. 15.01.1968 : опубл. 20.02.1969 / А.М. Фоканов ; заявитель Государственная семенная инспекция. EDN QTUHUU.
9. Харченко С.В. Система с реверсированием воздушного потока. Патент SU 1743409, 1992. (Авторское свидетельство №1743409 А1 СССР, МПК А01С 1/00. Счетчик-раскладчик семян : №4883430 : заявл. 18.10.1990 : опубл. 30.06.1992 / С. В. Харченко ; заявитель Центр научно-технической деятельности, исследований и социальных инициатив научно-производственного объединения «Комплекс» АН СССР. EDN NKNODM).
10. Гольяпин В.Я. Интеллектуальные системы на посевных машинах // Плоды и овощи России. Краснодар. 2019. С. 72–73.
11. Al-Bayari, O. and Sadoun, B. New centralized automatic vehicle location communications software system under GIS environment // *International Journal of Communication System*. 2005. №18(9). Pp. 31–34.
12. Юданова А.В. Основные направления развития автоматизации сельскохозяйственных машин, агрегатов и поточных линий на ближайшую перспективу. Инженерно-техническое обеспечение АПК. Реферативный журнал. 2004. №1. С. 131.
13. Ashtiani, S.-H.M.; Javanmardi, S.; Jahanbanifard M.; Martynenko, A.; Verbeek, F.J. Detection of Mulberry Ripeness Stages Using Deep Learning Models. *IEEE Access* 2021. 9. 100380–100394.
14. Design and experiment of high-flux small-size seed flow detection device. Y. Ding; K. Wang; C. Du; X. Liu; L. Chen, W. Liu. *Trans. Chin. Soc. Agric. Eng.* 2020, 36. Pp. 20–28.
15. Ear density estimation from high resolution RGB imagery using deep learning technique. S. Madec, X. Jin, H. Lu, B. De Solan, S. Liu, F. Duyme, E. Heritier, F. Baret. *Agric For Meteorol.* 2019. 264. Pp. 225–234.
16. Maize tassels detection: A benchmark of the state of the art. H. Zou, H. Lu, Y. Li, L. Liu, Z. Cao. *Plant Methods*. 2020;16. P. 108.
17. Online Detection Method for Wheat Seeding Distribution Based on Improved Concave Point Segmentation. X. Xi; J. Zhao, Y. Shi, J. Qu; H. Gan, R. Zhang. *Trans. Chin. Soc. Agric. Mach.* 2024, 55, 75–82.

References

1. Burnatova L.B. Calculation of the seeding rate and productivity of spring wheat. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2006. No5(35). Pp. 40–43. EDN IJEQDJ (In Russ.).
2. Musaev F.B., Paladkin N.S, Kuznets S.M. [et al.]. *Digital morphometry of vegetable seeds (scientific and methodological guide)*. Moscow. Federal Scientific Center of Vegetable Growing. 2024. 72 p. EDN OVXNXX (In Russ.).
3. Genze, N., Bharti, R., Grieb, M. et al. Accurate machine learning-based germination detection, prediction and quality assessment of three grain crops. *Plant Methods* 16, 157 (2020). <https://doi.org/10.1186/s13007-020-00699-x>
4. Khalefa R.A. Precision Seed Testing Equipment. *Journal of Agricultural Engineering*. 2021. Vol. 48(3). Pp. 112–118.
5. Johnson M. Economic Impact of Seed Automation. *Agricultural Economics Review*. 2022. Vol. 19(1). Pp. 34–41.
6. Copyright certificate No809261 A1 of the USSR, IPC G06M 11/00. Seed counter : No2774186 : application. 05/30/1979 : published. 02/28/1981. V. I. Tarushkin, V. N. Khrustalev ; applicant Moscow Institute of Agricultural Production Engineers named after V.P. Goryachkin. EDN FOAXNH (In Russ.).
7. Copyright certificate No957240 A1 of the USSR, IPC G06M 11/00. Seed counter : No3286937 : application. 02/11/1981 : published. 09/07/1982 / V.I. Tarushkin, V.N. Khrustalev, A.A. Yakunin; applicant Moscow Institute of Agricultural Production Engineers named after V.P. Goryachkin. EDN WXMWIN (In Russ.).
8. Copyright certificate No238259 A1 of the USSR, IPC G06M 11/00. Folding counter: No1210878/30-15: application no. 01/15/1968: published 02/20/1969 / A.M. Fokanov ; applicant State Seed Inspection. EDN QTUHUU (In Russ.).
9. Kharchenkov S.V. A system with air flow reversal. Patent SU 1743409, 1992. (Copyright certificate No1743409 A1 USSR, IPC A01C 1/00. Seed counter: No4883430 : application no. 18.10.1990 : published 30.06.1992 / S. V. Kharchenkov ; applicant Center for Scientific and Technical Activities, Research and Social Initiatives of The Scientific and Production Association «Complex» of the Academy of Sciences. EDN NKNODM) (In Russ.).
10. Golyapin V.Ya. Intelligent systems on sowing machines. Fruits and vegetables of Russia. Krasnodar. 2019. Pp. 72–73 (In Russ.).
11. Al-Bayari, O. and Sadoun, B. New centralized automatic vehicle location communications software system under GIS environment. *International Journal of Communication System*. 2005. No18(9). Pp. 31–34.
12. Yudanova A.V. The main directions of development of automation of agricultural machines, aggregates and production lines in the near future perspective. *Engineering and technical support of the agro-industrial complex*. Abstract journal. 2004. No1. P. 131 (In Russ.).
13. Ashtiani S.-H.M.; Javanmardi S.; Jahanbanifard M.; Martynenko A.; Verbeek F.J. Detection of Mulberry Ripeness Stages Using Deep Learning Models. *IEEE Access*. 2021. 9. 100380–100394.
14. Design and experiment of high-flux small-size seed flow detection device. Y. Ding; K. Wang; C. Du; X. Liu; L. Chen, W. Liu. *Trans. Chin. Soc. Agric. Eng.* 2020, 36. Pp. 20–28.
15. Ear density estimation from high resolution RGB imagery using deep learning technique. S. Madec, X. Jin, H. Lu, B. De Solan, S. Liu, F. Duyme, E. Heritier, F. Baret. *Agric For Meteorol.* 2019. 264. Pp. 225–234.
16. Maize tassels detection: A benchmark of the state of the art. H. Zou, H. Lu, Y. Li, L. Liu, Z. Cao. *Plant Methods*. 2020;16. P. 108.
17. Online Detection Method for Wheat Seeding Distribution Based on Improved Concave Point Segmentation. X. Xi; J. Zhao, Y. Shi, J. Qu; H. Gan, R. Zhang. *Trans. Chin. Soc. Agric. Mach.* 2024, 55, 75–82.

Об авторах

Янченко Алексей Владимирович, канд. с.-х. наук, в.н.с. E-mail: laboratoria2008@yandex.ru
 Федосов Александр Юрьевич, м.н.с. E-mail: ffed@rambler.ru
 Янченко Елена Валерьевна, канд. с.-х. наук, в.н.с. E-mail: elena_0881@mail.ru
 Азопков Максим Игоревич, канд. с.-х. наук, в.н.с. E-mail: max.az62@yandex.ru
 Всероссийский НИИ овощеводства – филиал ФГБНУ Федеральный научный центр овощеводства (ВНИИО – филиал ФГБНУ ФНЦО)

Author details

Yanchenko A.V., Cand. Sci. (Agr.), agricultural senior research fellow. E-mail: laboratoria2008@yandex.ru
 Fedosov A. Yu., junior research fellow. E-mail: ffed@rambler.ru
 Yanchenko E.V., Cand. Sci. (Agr.), senior research fellow. E-mail: elena_0881@mail.ru
 Azopkov M.I., Cand. Sci. (Agr.), senior research fellow. E-mail: max.az62@yandex.ru
 All-Russian Research Institute of Vegetable Growing – a branch of FSBSI Federal Scientific Vegetable Center (ARRIVG – a branch of FSBSI FSVC)