

УДК 631.331.85

**АНАЛИЗ И КЛАССИФИКАЦИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ
ОСОБЕННОСТЕЙ СУЩЕСТВУЮЩИХ ВЫСЕВАЮЩИХ АППАРАТОВ
СЕЯЛОК ТОЧНОГО ВЫСЕВА**

Максим Романович Родин¹

аспирант

maksim.rodin.2000@mail.ru

Андрей Александрович Земляной^{1,2}

кандидат технических наук, доцент, научный сотрудник

1zemlyanoy1@mail.ru

Борис Сергеевич Мишин^{1,2}

кандидат технических наук, доцент

boris.sergeewitch@yandex.ru

¹Мичуринский государственный аграрный университет

²Федеральный Научный Центр имени И.В. Мичурина

Мичуринск, Россия

Аннотация. В статье проведён системный анализ и классификация конструктивных особенностей высевающих аппаратов, применяемых в сеялках точного высева. Определены основные принципы работы механических, пневматических, вакуумных и электромеханических систем, показаны взаимосвязи между конструкцией дозирующих органов и точностью распределения семян. Установлено, что современные тенденции развития направлены на интеграцию электронных систем управления, сенсорных модулей и адаптивных алгоритмов, обеспечивающих автоматическую коррекцию режима высева в реальном времени. Сформулированы направления совершенствования конструкций для повышения энергоэффективности и точности дозирования.

Ключевые слова: сеялка точного высева, высевающий аппарат, дозирующий орган, пневматическая система, вакуумный диск, электромеханический привод, точность высева, цифровое управление, сенсорные технологии, адаптивные системы.

Современное сельское хозяйство характеризуется высокой степенью технологизации, где ключевое значение приобретают машины точного высева, обеспечивающие равномерное размещение семян с минимальными отклонениями по глубине и межсеменному расстоянию. Высевающий аппарат является центральным звеном посевного комплекса, от которого зависит эффективность распределения семенного материала, производительность сеялки и качество будущих всходов. Совершенствование конструкций высевающих аппаратов направлено на повышение точности дозирования, снижение энергозатрат и адаптацию к цифровым системам управления, что требует системного анализа и классификации их технических решений [2].

Высевающие аппараты принято разделять на несколько групп по принципу действия: механические, пневматические, вакуумные и электромеханические. Каждая разновидность имеет собственные конструктивные особенности, определяющие параметры точности, стабильности и долговечности работы. Механические аппараты — наиболее простые по конструкции и надёжные в эксплуатации, что делает их востребованными в хозяйствах с невысокой энергооснащённостью. Их основой служит дозирующий орган катушечного или дискового типа, обеспечивающий механический захват и сброс семян. Регулировка нормы высева осуществляется изменением частоты вращения вала и объёма ячеек. Несмотря на простоту, такие аппараты чувствительны к неоднородности семян и скорости движения агрегата, что снижает равномерность посева [4].

Пневматические системы используют воздушный поток для перемещения и дозирования семян. Основной элемент — диск с отверстиями, через которые при помощи давления или разрежения создаётся поток воздуха, удерживающий семена до момента сброса. Такая схема обеспечивает высокую точность при различных формах и размерах семян. Давление воздуха регулируется в зависимости от калибра семенного материала и скорости работы, что делает конструкцию универсальной. Пневматические аппараты обладают преимуществом при посеве культур с лёгким семенем — рапса, подсолнечника,

сои, но требуют точной настройки воздушной системы и повышенного внимания к чистоте фильтров.

Вакуумные аппараты представляют собой разновидность пневматических дозаторов, где семя удерживается за счёт разрежения, создаваемого вакуумным насосом. При прохождении отверстия через зону равного давления семя отделяется и попадает в сошник. Такая конструкция обеспечивает минимальное количество двойных выбросов и пропусков, а также исключает повреждение оболочки семени. Основное требование — герметичность камеры и точная балансировка высевающего диска. Применение вакуумных систем особенно эффективно для культур с крупным и неоднородным семенным материалом, где важна индивидуальная подача каждой единицы [5].

Электромеханические высевающие аппараты — наиболее прогрессивное направление в современном машиностроении. Каждый ряд оснащён отдельным электроприводом, управляемым микропроцессором. Такая система обеспечивает независимую регулировку нормы высева и синхронизацию с движением трактора. Электронный контроллер анализирует скорость агрегата, плотность почвы и карту поля, изменяя частоту вращения высевающего диска в реальном времени. Это исключает перекрытия и пропуски, а также позволяет проводить дифференцированный посев в зависимости от состояния агрофона. Конструкции подобного типа характеризуются высокой энергоэффективностью, простотой перенастройки и совместимостью с системами точного земледелия.

Классификация высевающих аппаратов может быть проведена по нескольким признакам. По типу дозирующего органа различают дисковые, катушечные, барабанные и штифтовые аппараты. По принципу действия — механические, пневматические и комбинированные. По типу привода — механические, гидравлические и электрические. Такая систематизация позволяет определить взаимосвязь между конструктивными параметрами и эксплуатационными характеристиками. Дисковые аппараты обеспечивают высокую равномерность, барабанные отличаются производительностью, а катушечные удобны для посева мелких семян [2].

Оптимизация геометрии высевающих органов является важнейшим направлением развития конструкций. Форма и размер отверстий высевающего диска определяют качество захвата и сброса семян. Использование конических ячеек с радиусом сопряжения 0,8–1,2 мм повышает стабильность дозирования и уменьшает вероятность двойных выбросов. Поверхность ячеек подвергается лазерной полировке, обеспечивающей необходимую гладкость и устойчивость к налипанию частиц пыли. В ряде моделей внедрены системы автоматической очистки отверстий с использованием импульсного воздушного потока, стабилизирующие работу при повышенной запылённости воздуха [8].

Современные разработки направлены на интеграцию сенсорных систем, фиксирующих прохождение каждого семени. Оптические датчики позволяют контролировать поток семян в реальном времени и автоматически корректировать вращение высевающего диска. При отклонении частоты подачи от заданной норма высева корректируется без участия оператора. Электроника делает возможным создание замкнутой системы управления, где высевающий аппарат функционирует как элемент цифрового контура [1].

Особое внимание уделяется балансировке вращающихся элементов и стабилизации работы на высоких скоростях. Применение облегчённых сплавов и композитов позволило снизить массу высевающих дисков и уменьшить вибрационные нагрузки. В электромеханических системах используется индивидуальное управление каждым приводом, что повышает точность при изменении скорости движения. Использование датчиков давления в сошниках обеспечивает постоянную глубину заделки семян, что особенно важно при минимальной обработке почвы.

Развитие цифровых технологий изменило сам подход к проектированию высевающих аппаратов. Сегодня конструкция рассматривается как элемент киберфизической системы, где механическая часть тесно связана с программным обеспечением. Контроллеры взаимодействуют с навигационными системами, агрометеодатчиками и модулями анализа почвенных параметров. Это позволяет регулировать посев не только по скорости и норме, но и по локальным

особенностям участка. В результате высевающий аппарат превращается из механического дозатора в интеллектуальный исполнительный узел [7].

Перспективным направлением является разработка комбинированных аппаратов, объединяющих преимущества вакуумных и электромеханических систем. В них вакуумный захват сочетается с электрическим управлением скоростью вращения, что позволяет точно дозировать даже семена нестандартной формы. Такие конструкции применяются в сеялках нового поколения, способных выполнять посев на рельефных участках с автоматической компенсацией наклона.

Совершенствование конструкций идёт и по пути модульности. Отдельные узлы высевающего аппарата — дозатор, диск, очиститель, датчик — изготавливаются как заменяемые блоки, что облегчает обслуживание и адаптацию под разные культуры. Использование полимерных материалов с армированием стекловолокном снижает массу модулей и повышает их стойкость к коррозии [3].

Особое значение приобретает взаимодействие семени с поверхностью дозирующего органа. В механических системах это трение и гравитация, в пневматических — аэродинамические силы. Контроль соотношения этих воздействий позволяет стабилизировать подачу и исключить повреждение семян. Улучшение профиля высевающего канала и стабилизация воздушного потока дают возможность снизить вариацию расстояния между семенами до 0,5–0,6 см, что существенно повышает равномерность посева [8].

Современные модели оснащаются системами самодиагностики. Электроника фиксирует параметры работы каждого узла, передавая их в бортовой компьютер. При отклонении от нормальных значений система выдает сигнал о необходимости очистки или калибровки дозатора. Такие решения повышают надёжность и снижают время простоев [6].

Интеграция технологий искусственного интеллекта открывает возможности для прогнозирования состояния узлов и адаптации режима высева к текущим условиям. Алгоритмы машинного обучения анализируют данные

датчиков, подбирая оптимальное соотношение вакуума, скорости вращения и подачи воздуха. Это обеспечивает устойчивое качество работы при изменении влажности почвы и плотности семенного материала.

Инженерный анализ показывает, что переход от механических к электромеханическим системам является закономерным этапом технологической эволюции. Механические конструкции остаются актуальными для простых условий эксплуатации, вакуумные и пневматические — для высокоточных посевов, электромеханические — для интеллектуальных систем точного земледелия.

Таким образом, классификация высевальных аппаратов отражает три ключевых направления развития: повышение точности дозирования, автоматизация управления и адаптация к цифровым платформам. Конструктивное совершенствование сопровождается внедрением сенсорных технологий, новых материалов и программных решений, что формирует основу для создания адаптивных посевных комплексов нового поколения.

Вывод заключается в том, что эволюция высевальных аппаратов идёт от простых механических дозаторов к интеллектуальным цифровым системам, обеспечивающим высокую точность, надёжность и энергоэффективность. Интеграция инженерных решений и цифровых технологий делает возможным переход от статичных конструкций к динамическим, саморегулируемым системам, способным адаптироваться к условиям конкретного поля. Это формирует основу для дальнейшего развития ресурсосберегающего и устойчивого сельского хозяйства, где точный высев становится ключевым фактором повышения урожайности и эффективности агротехнических процессов.

Список литературы:

1. Несмиян А.Ю., Дубина К.П., Жигайлова А.П. Влияние диаметра присасывающих отверстий аппарата точного посева на характеристики подачи семян кукурузы и подсолнечника // Инженерные технологии и системы. 2023. Т. 33. № 1. С. 21-36.

2. Василенко С.В. Высевающий аппарат с вращающейся камерой для сеялок точного высева // Вестник Воронежского ГАУ. 2022. С. 33-40.

3. Исследование технических характеристик сеялок точного высева с высевающими аппаратами вакуумно-дискового типа (на примере пропашной сеялки мс-8 производства ПАО "Миллеровосельмаш") / Завражнов А.А., Завражнов А.И., Земляной А.А., Ланцев В.Ю., Мишин Б.С., Крецу Н.И., Шепелев В.Ю., Якушев А.В. Наука в центральной России. 2021. № 6 (54). С. 17-29.

4. Исследование функциональных характеристик высевающих аппаратов вакуумно-дискового типа (на примере высевающего аппарата сеялки точного высева мс-8 производства ПАО "Миллеровосельмаш") / Завражнов А.А., Завражнов А.И., Земляной А.А., Ланцев В.Ю., Мишин Б.С., Крецу Н.И., Шепелев В.Ю., Якушев А.В. Наука в центральной России. 2021. № 6 (54). С. 5-17.

5. Оптимизация диаметра присасывающих отверстий вакуумного высевающего аппарата / Несмиян А.Ю., Горбатюк А.П., Дубина К.П., Асатурян А.В., Должиков В.В. // Аграрный научный журнал. 2022. № 1. С. 84-87. DOI:10.28983/asj.y2022i1pp84-87.

6. Завражнов А. А., Земляной А. А., Мишин Б. С. Особенности пневматических систем сеялок точного высева // Наука и Образование. 2024. Т. 7. № 4. EDN KZCPGE.

7. Земляной А. А., Мишин Б. С., Дорошин Е. С. Современные направления развития высевающих аппаратов сеялок точного высева // Наука и Образование. 2023. Т. 6. №. 4.

8. Sowing Geometry of Intertilled Crops / A. A. Zavrazhnov, A. I. Zavrazhnov, A. A. Zemlyanoj et al. // Russian Agricultural Sciences. 2022. Vol. 48. No. 1. P. 47-56. DOI 10.3103/s106836742202015x. EDN IDTCEB.

УДК 631.331.85

ANALYSIS AND CLASSIFICATION OF THE DESIGN FEATURES OF EXISTING PRECISION SEEDER METERING DEVICES

Maksim R. Rodin¹

postgraduate student

maksim.rodin.2000@mail.ru

Andrey A. Zemlyanoy^{1,2}

candidate of technical sciences, 1 associate professor, 2 scientific employee

1zemlyanoy1@mail.ru

Boris S. Mishin¹

candidate of technical sciences, associate professor

boris.sergeewitch@yandex.ru

¹Michurinsk State Agrarian University

²Federal research Center named after I. V. Michurin

Michurinsk, Russia

Abstract. The paper presents a systematic analysis and classification of the design features of metering devices used in precision seeders. The operational principles of mechanical, pneumatic, vacuum, and electromechanical systems are examined, with an emphasis on the relationship between structural parameters and seeding accuracy. The study identifies current trends toward the integration of electronic control units, sensor modules, and adaptive algorithms enabling real-time adjustment of seeding performance. The results outline key directions for improving design efficiency, energy optimization, and precision in seed metering.

Keywords: precision seeder, metering device, dosing mechanism, pneumatic system, vacuum disc, electromechanical drive, seeding accuracy, digital control, sensor technologies, adaptive systems.

Статья поступила в редакцию 01.11.2025; одобрена после рецензирования 20.12.2025; принята к публикации 29.12.2025.

The article was submitted 01.11.2025; approved after reviewing 20.12.2025; accepted for publication 29.12.2025.