

## К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ УНИВЕРСАЛЬНОГО ВЫСЕВАЮЩЕГО АППАРАТА КАТУШЕЧНОГО ТИПА ДЛЯ ВЫСЕВА ГРАНУЛИРОВАННЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПНЕВМАТИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ ГРУППОВОГО ДОЗИРОВАНИЯ

В. С. АСТАХОВ, Г. Н. ЛЫСЕВСКИЙ, Г. О. ИВАНЧИКОВ

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции  
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407

(Поступила в редакцию 04.03.2024)

Данная научная статья посвящена исследованию дозирующих устройств, применяемых в сельском хозяйстве для высева минеральных удобрений. В работе подробно анализируются технические особенности, принципы функционирования и проблемы эффективности таких устройств, которые играют важную роль в обеспечении равномерного распределения удобрений по полю. Авторы рассматривают технологический процесс работы дозирующих устройств, включая механизмы наполнения, опорожнения и холостого хода. Особое внимание уделяется проблемам, связанным с неравномерностью дозирования, вызванными наличием активного слоя под устройством и другими факторами, такими как изменчивость гранулометрического состава удобрений и окружная скорость устройства.

В статье представлены результаты исследований, демонстрирующие сложности в обеспечении равномерности дозирования и необходимость поиска новых технических решений. Обсуждается потенциал различных типов дозирующих устройств для улучшения процесса высева удобрений и повышения его эффективности. В заключительной части работы акцентируется важность выбора наиболее подходящего оборудования для внесения удобрений, учитывая разнообразные задачи и условия, характерные для сельскохозяйственного производства. Обсуждается не только техническая эффективность такого оборудования, но и его экономическая целесообразность, устойчивость к различным климатическим условиям и прочим факторам, влияющим на процесс внесения удобрений. Статья представляет собой ценное исследование в области агротехники, которое не только дает обзор существующих проблем и вызовов в этой сфере, но и предлагает практические рекомендации для улучшения практики сельского хозяйства. Подчеркивается, что применение оптимального оборудования для внесения удобрений может значительно повысить эффективность сельскохозяйственного производства, способствуя увеличению урожайности и снижению затрат, что важно для устойчивого развития сельского хозяйства в современных условиях.

**Ключевые слова:** дозирующие устройства, сеялки, катушечные дозаторы, сельское хозяйство.

*This scientific article is devoted to the study of dosing devices used in agriculture for sowing mineral fertilizers. The work analyzes in detail the technical features, operating principles and efficiency problems of such devices, which play an important role in ensuring uniform distribution of fertilizers across the field. The authors consider the technological process of operation of dosing devices, including filling, emptying and idling mechanisms. Particular attention is paid to problems associated with uneven dosing caused by the presence of an active layer under the device and other factors such as variability in fertilizer particle size distribution and peripheral speed of the device.*

*The article presents research results demonstrating the difficulties in ensuring uniform dosing and the need to find new technical solutions. The potential of different types of metering devices to improve the fertilizer planting process and increase its efficiency is discussed. The final part of the work emphasizes the importance of choosing the most suitable equipment for applying fertilizers, taking into account the various tasks and conditions characteristic of agricultural production. Not only the technical efficiency of such equipment is discussed, but also its economic feasibility, resistance to various climatic conditions and other factors affecting the fertilization process. The article represents a valuable study in the field of agricultural engineering, which not only provides an overview of the existing problems and challenges in this field, but also offers practical recommendations for improving agricultural practices. It is emphasized that the use of optimal fertilizer application equipment can significantly improve the efficiency of agricultural production, helping to increase yields and reduce costs, which is important for the sustainable development of agriculture in modern conditions.*

**Key words:** dosing devices, seeders, roll dosers, agriculture.

### Введение

Поиск метода и технического решения, направленного на максимальное уменьшение неравномерности внесения удобрений, является значимой экономической задачей, обусловленной не только стремлением к увеличению урожайности, но и оптимизацией затрат на сельскохозяйственное производство. Специалисты по всему миру, занятые в сфере сельского хозяйства, активно работают над решением этой проблемы, проводя исследования и разработки новых технологий. Однако, несмотря на значительные усилия, до настоящего времени оптимальное решение не было найдено, что указывает на сложность и многогранность данной проблемы.

Суть процесса внесения минеральных удобрений, а также всех других средств химизации сельского хозяйства, заключается в дозировании и доставке их в зону питания растений. Это имеет критическое значение для обеспечения необходимого питания растений и достижения оптимального урожая. Однако, неудовлетворительное текущее состояние в области применения средств химизации во мно-

гом обусловлено недостатками существующих машин для внесения минеральных удобрений, особенно их дозирующих устройств.

Одним из основных препятствий является отсутствие специализированных машин для внесения мелких доз азотных удобрений, что становится особенно актуальным в сельскохозяйственных угодьях с высокой плотностью посева и требовательных культурах. Неравномерность внесения минеральных удобрений может привести к недостаточному или избыточному питанию растений, что негативно отразится на их росте и развитии, а также на конечном урожае. Различия в гранулометрическом составе минеральных удобрений, изменчивость их свойств в зависимости от условий хранения, воздействие ветра во время внесения – все это делает равномерное распределение удобрений сложной задачей для существующих устройств.

Эффективное решение этой проблемы требует комплексного подхода, который включает в себя не только разработку новых технологий и устройств, но и адаптацию существующих машин и методов внесения удобрений. Это может включать в себя разработку более точных дозирующих устройств, применение инновационных материалов для изготовления гранул, улучшение аэродинамики и конструкции машин для внесения удобрений, а также разработку специализированных алгоритмов управления и контроля процесса внесения. Только через совместные усилия научных и инженерных сообществ можно достичь значительного прогресса в области равномерного внесения удобрений и повысить эффективность сельскохозяйственного производства.

### Основная часть

Катушечные дозирующие механизмы, отличающиеся своей конструктивной простотой по сравнению с аналогичными дозаторами, осуществляющими выгребающее действие, занимают особое место в сельскохозяйственной технике. Эта простота конструкции стала ключевым фактором в их широком распространении как в иностранных, так и в отечественных моделях современных сельскохозяйственных сеялок, предназначенных для индивидуального, группового и централизованного высева. В связи с этим катушечные дозаторы становятся объектом для более подробного и глубокого исследования и совершенствования.

Одним из ключевых рабочих узлов известных катушечных дозаторов являются сами катушки. Эти элементы механизма могут иметь различные формы и конфигурации, например, они могут быть выполнены в виде штифтов или желобков (рис. 1) [1, 2]. Это разнообразие форм позволяет адаптировать катушечные дозаторы под различные условия использования и типы сеялок, обеспечивая оптимальную работу механизма в разнообразных сельскохозяйственных условиях.

Кроме того, важно отметить, что катушечные дозаторы обладают не только простотой конструкции, но и высокой надежностью в работе. Это делает их особенно привлекательными для сельскохозяйственных предприятий, где надежность и эффективность оборудования играют решающую роль в процессе производства. Однако, несмотря на их преимущества, катушечные дозаторы также сталкиваются с определенными недостатками, такими как сложности с точной настройкой дозирования из-за изменчивости активного слоя под катушкой. Это обстоятельство стимулирует постоянное исследование и разработку новых методов и технологий, направленных на улучшение и оптимизацию работы катушечных дозаторов в сельском хозяйстве.

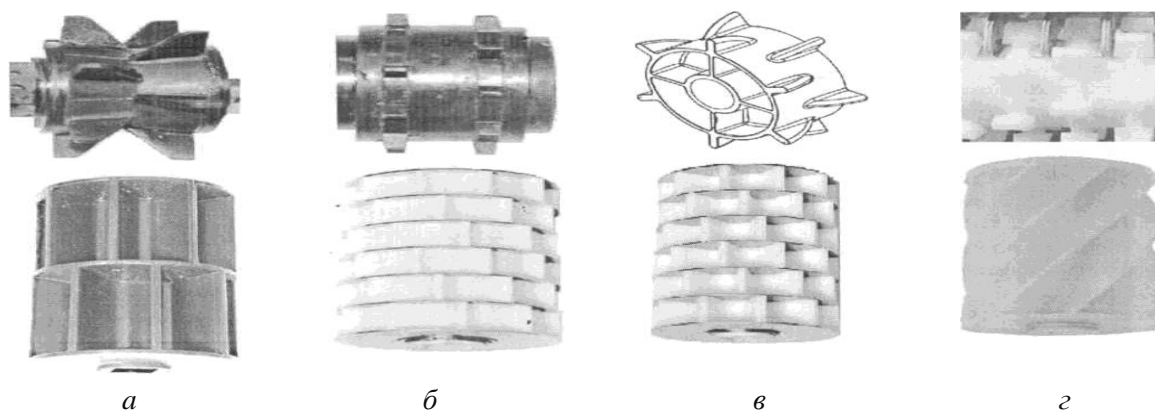


Рис. 1. Дозирующие катушки  
Штифтовые катушки фирмы: а, б – «Lemken» серия сеялок «Saphir»;  
в – «AMAZONEN-WERKE» сеялка D9 6000-TC «Combi» г – «Nodet gougis» сеялка DPS 12

Технический процесс работы катушечных дозирующих механизмов представляет собой последовательную и эффективную операцию, где каждый этап выполняет определенную функцию для обеспечения точного и равномерного высева удобрений. Итак, рассмотрим этот процесс более подробно (рис. 2).

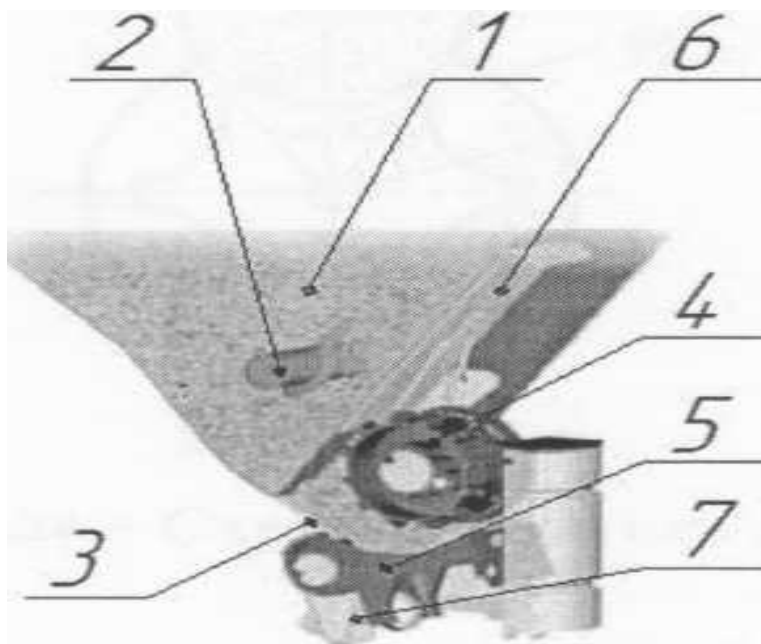


Рис. 2. Катушечный высевающий дозатор:  
1 – дозируемый материал; 2 – ворошильный вал; 3 – корпус; 4 – катушка; 5 – доньшко;  
6 – заслонка; 7 – регулировочный болт

На первом этапе удобрения из бункера 1, где они хранятся, поступают в корпус 3 катушечного дозатора. Этот процесс может осуществляться как самопроизвольно, так и при помощи ворошильного вала 2, который обеспечивает равномерную загрузку удобрений в корпус. При этом удобрения заполняют пространство вокруг штифтов или желобков катушки, подготавливаясь к следующему этапу процесса.

Далее, при вращении катушки 4 удобрения перемещаются в нижнюю часть корпуса 3. Этот механизм обеспечивает равномерное распределение удобрений и предотвращает их скопление или неравномерное высевание. Кроме того, в конце доньшка 5 корпуса катушки установлена воронка, предназначенная для посева семян или непосредственного распределения удобрений на поле сельскохозяйственной машиной.

Таким образом, технический процесс работы катушечных дозирующих механизмов представляет собой слаженную систему операций, направленных на обеспечение точного и эффективного высева удобрений. Он основан на использовании простых, но надежных механизмов, которые обеспечивают высокую производительность и качество работы в различных условиях сельского хозяйства.

Катушечные дозирующие механизмы, несмотря на свою широкую распространенность и использование в различных отраслях промышленности, сталкиваются с рядом существенных недостатков, которые оказывают негативное влияние на эффективность и точность дозирования. Один из таких ключевых недостатков заключается в присутствии активного слоя под катушкой, необходимого для защиты гранул от разрушения. Однако толщина этого активного слоя изменяется в процессе вращения катушки под воздействием различных факторов, таких как коэффициент внутреннего трения, гранулометрический состав дозируемых удобрений и окружная скорость катушки. Это усложняет настройку и регулировку дозатора на точную норму высева, что в конечном итоге отрицательно сказывается на равномерности дозирования, уменьшая его эффективность.

Кроме того, катушечные дозаторы выполняют все технологические операции за один оборот, включая наполнение, опорожнение и холостой ход. Это означает, что равномерность дозирования напрямую зависит от цикла наполнения ячейки, который состоит из двух фаз: втекания материала в ячейку и его относительной неподвижности по отношению к катушке. Таким образом, любые откло-

нения или несовершенства в этом процессе могут привести к неравномерному высеву или дозированию материала, что снижает эффективность работы оборудования и качество производства.

В свете вышеизложенного можно промежуточно подытожить, что общим существенным недостатком катушечных дозирующих механизмов является наличие активного слоя под катушкой, который необходим для предотвращения разрушения гранул. Так как толщина активного слоя при вращении катушки непостоянна и зависит от коэффициента внутреннего трения, гранулометрического состава дозируемых удобрений и окружной скорости катушки. Это, в свою очередь, усложняет регулировку, настройку дозатора на точную норму высева, что отрицательно сказывается на равномерности дозирования [3]. Исходя из этого становится очевидной необходимость разработки и внедрения более совершенных и точных дозирующих механизмов, способных минимизировать влияние указанных недостатков и обеспечивать более высокую равномерность дозирования при работе с различными типами материалов и условиями производства. Это может включать в себя применение новых технологий, улучшенный дизайн и инженерные решения, а также более точные методы контроля и регулировки процесса дозирования. Только таким образом можно обеспечить оптимальную производительность и качество конечного продукта при использовании катушечных дозаторов в промышленности.

Теоретически, при идеальном сыпучем материале втекание начинается в момент, когда передняя лопасть ячейки выходит из соприкосновения с корпусом бункера и заканчивается после её заполнения. Время формирования дозы в ячейке может быть определено по формуле:

$$t_{\text{ср}} = \frac{\varphi_0}{\omega_6},$$

где  $\varphi_0$  – центральный угол/град. (рис. 3);  $\omega_6$  – угловая скорость катушки, рад/с.

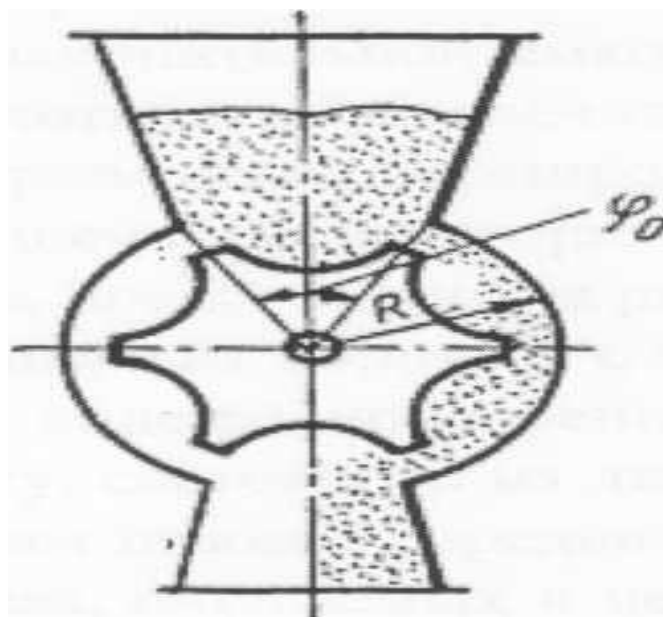


Рис. 3. Схема ячейки дозатора

Из формулы видно, что цикл наполнения ячейки сектора материалом у катушечных дозаторов может быть значительным по времени. Однако это не гарантирует высокой равномерности дозирования. Рабочие органы этих дозаторов не оказывают формирующего воздействия на материал. Все это приводит к тому, что обеспечить равномерность дозирования катушечными дозаторами до  $\pm 10\%$  практически невозможно. Это доказано рядом авторов [4, 5, 6]. Таким образом, из катушечных дозаторов только желобчатые способны формировать геометрические размеры потока материала. Однако их рабочие органы не оказывают на материал воздействия, формирующего внутреннее состояние потока – достижение постоянной плотности. Несмотря на это, результаты исследований катушечных дозаторов показывают, что возможно создание такого рабочего органа – катушки, который бы фор-

мировал поток материала на выходе не только равномерным и непрерывным, но и приводил его к критической (постоянной) плотности.

### **Заключение**

Проведенный обзор дозирующих устройств для высева гранулированных минеральных удобрений в пневматических высевающих системах группового дозирования позволяет упростить выбор необходимого оборудования в зависимости от целей и задач, стоящих перед процессом внесения удобрений, а также не исключает возможности совершенствования элементов катушки с целью обеспечения высоких технологических показателей работы в широком диапазоне условий их использования.

### *ЛИТЕРАТУРА*

1. Lemken Sapfir // Проспект фирмы Lemken (Германия). – 18 с.
2. John Deere Air Seeding Equipment // Проспект фирмы John Deere (США). – 33с.
3. Результаты сравнительных испытаний туковысевающих аппаратов / А. Х. Хаджиев, Б. А. Иншиязов, М. К. Хамзаев и др. // Механизация хлопководства. – 1991. – №2. – С. 3–4.
4. Астахов В. С., Иванчиков Г. О. К вопросу значимости минеральных удобрений в управлении производственным процессом и повышение их эффективности при использовании различных машин и способов внесения // Вестник БГСХА – Горки: 2022 – №2 – С. 192–194.
5. Астахов В. С., Иванчиков Г. О. К вопросу учёта физико-механических свойств твёрдых минеральных удобрений при разработке перспективных машин для их внесения // Материалы международной научно-практической конференции молодых ученых «Молодежь и инновации – 2022». – Горки, 2022. – С. 91–94.
6. Степук Л. Я. Машины для современных и перспективных технологий. – Горки, 2007. – 178 с.