

учетом специфики кормов, погодных, дорожных и организационных условий. Разработка и оптимизация технических решений помогает снизить эксплуатационные расходы, улучшить качество кормосмеси и повысить общую производительность сельскохозяйственных предприятий. В перспективе дальнейшее развитие этого направления связано с внедрением интеллектуальных систем управления, модульных конструкций и технологий цифрового управления.

#### **Список использованной литературы**

1. Керимов М.А., Валге А.М. Оптимизация и принятие решений в агроинженерии. – М.: Колос-с, 2021. – 460 с.
2. Керимов М.А. Машины и оборудование в животноводстве: учебное пособие / М.А. Керимов, В.И. Ветушко; под общ. ред. М.А. Керимова. – СПб.: Проект Науки, 2024. – 328 с.
3. Я. П. Лобачевский, Д. А. Миронов, А. В. Миронова Основные направления повышения ресурса быстроизнашиваемых рабочих органов сельскохозяйственных машин // сельскохозяйственные машины и технологии. – 2023. – Т.17. – №1. – С. 41–50.
4. Сидоров С.А., Миронов Д.А. Повышение технического уровня и эксплуатационных характеристик высоконагруженных рабочих органов сельхозмашин // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. – 2021. – №1. – С. 26–33.
5. Kerimov M., Belinskaia I., Ognev O/ Convergent technologies as conceptual basis for formation of powder industry in agribusiness // Engineering for rural development Jelgava, 26.05.-28.05.2021, <https://www.tf.llu.lv/conference/proceedings2021>.

#### **УДК 631.331.02**

**С.О. Нукешев<sup>2</sup>**, *д-р техн. наук, профессор,*  
**Н.Н. Романюк<sup>1</sup>**, *канд. техн. наук, доцент,*  
**Е.С. Ахметов<sup>2</sup>**, *канд. техн. наук, профессор,*  
**В.А. Агейчик<sup>1</sup>**, *канд. техн. наук, доцент,*  
**В.Н. Еднач<sup>1</sup>**, *канд. техн. наук, доцент,*  
**В.Ю. Сенько<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
г. Минск*

*e-mail: nik\_romanuk71@mail.ru*

<sup>2</sup>*НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет  
имени С.Сейфуллина», г. Астана*

#### **К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ ОРИГИНАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ ВЫСЕВАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА**

**Ключевые слова:** высеивающее устройство, равномерность внесения, минеральные удобрения, оригинальная конструкция.

**Key words:** fertilizer spreader, uniform application, mineral fertilizers, original design.

**Аннотация.** В статье рассматриваются вопросы дифференцированного внесения минеральных удобрений. Предложена оригинальная конструкция высевающего устройства, использование которого позволит повысить его производительность.

**Abstract.** The article examines the issues of differentiated application of mineral fertilizers. An original design of a seeding device has been proposed, the use of which will improve its productivity.

Освоение новых технологий в растениеводстве, предусматривающих дифференцированное внесение минеральных удобрений, невозможно без совершенствования высевающих устройств сеялок.

Анализ существующих конструкций высевающих аппаратов свидетельствует о том, что они не в полной мере обеспечивают агротехнические требования к качеству внесения минеральных удобрений: неравномерность и неустойчивость достигает 20-40% при требуемой до 15% за счет конструктивных недостатков и гигроскопичности удобрений [1-6]. Таким образом разработка конструкций высевающих устройств является актуальной задачей.

Целью данных исследований является разработка конструкции высевающего устройства, использование которого позволит повысить конструкция высевающего устройства, использование которого позволит повысить его производительность.

Проведенный патентный поиск показывает, что известен высевающий аппарат [7], содержащий корпус, имеющий две боковины, переднюю стенку с загрузочным окном и донышко. В корпусе над донышком на валу установлена штифтовая катушка. В процессе работы аппарата чистик постоянно очищает штифтовую катушку от налипшего на нее материала. Кроме того, во время вращения катушки штифты катушки периодически взаимодействуют с держателем чистика, а чистик – со стойками штифтов. Недостатками данного устройства является низкая захватывающая способность штифтов, образование пассивной зоны за ними и, как следствие, низкая производительность высевающего аппарата.

Известен высевающий аппарат [8], содержащий бункер, корпус, приводной вал с размещенной на нем высевающей катушкой с пирамидальными штифтами, расположенными на пересечении левой и правой многозаходных винтовых линий. Подобное выполнение и расположение штифтов не позволяет удобрениям задерживаться на стыке штифта и образующей катушки - "пассивной зоне".

Известно высегающее устройство [9], включающее корпус с бункером и размещенную в корпусе на приводном валу цилиндрическую высегающую катушку со штифтами, выполненными в форме четырехгранных пирамид, размещенными на пересечениях правых и левых винтовых линий на поверхности катушки, причем штифты выполнены в форме четы-

рехгранных усечённых пирамид, в пространстве между которыми выполнены винтовые канавки, при этом образующие штифтов являются продолжением винтовых канавок.

Известно высеивающее устройство [10], включающее корпус с бункером и размещенную в корпусе на приводном валу цилиндрическую высеивающую катушку со штифтами, выполненными в форме четырехгранных усеченных пирамид, причем штифты размещены на пересечениях правых и левых многозаходных винтовых канавок на поверхности высеивающей катушки, при этом образующие штифтов являются продолжением образующих винтовых канавок, угол между гранью пирамиды и плоскостью, перпендикулярной высоте пирамиды, меньше угла трения минеральных удобрений о поверхности граней пирамид, а угол наклона винтовой канавки к плоскости, перпендикулярной оси вращения цилиндрической высеивающей катушки, меньше угла трения минеральных удобрений о поверхности винтовых канавок.

Недостатками данных устройств является недостаточная производительность высеивающего аппарата для внесения основной дозы минеральных удобрений.

На рисунке 1 представлена оригинальная конструкция высеивающего устройства (*a* – общий вид высеивающего устройства, *b* – общий вид катушки, *в* – предлагаемый вид штифта, *г* – профильный вид штифтово-винтового дозирующего устройства с параболической формой канавки, *д* – параметры винтовой линии при конкретном выполнении катушки с оптимальными параметрами, *e* – конкретное выполнение катушки с оптимальными параметрами в аксонометрии) [11].

Высеивающее устройство содержит бункер 1, соединенный с корпусом 2 высеивающего аппарата, внутри которого установлен приводной вал 3 с размещенной на нем высеивающей катушкой 4, выполненной в форме усеченных пирамидальных штифтов 5, расположенных на пересечениях левой и правой многозаходных винтовых линий 6 и 7, а в пространстве между усеченными пирамидальными штифтами 5 выполнены винтовые канавки 8, угол наклона  $\beta$  которых к плоскостям, перпендикулярным осям вращения приводного вала 3 цилиндрической высеивающей катушки 4, меньше угла трения минеральных удобрений о поверхности винтовых канавок 8 (рисунок 1, *a – г*).

Исследованиями, проведенными в акционерном обществе "КАЗАХСКИЙ АГРОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ САКЕНА СЕЙФУЛЛИНА" установлено, что форма винтовой канавки в поперечном сечении существенно влияет на производительность высеивающего устройства (таблица 1), причем наиболее производительная имеет форму параболы (рисунок 1, *г*).

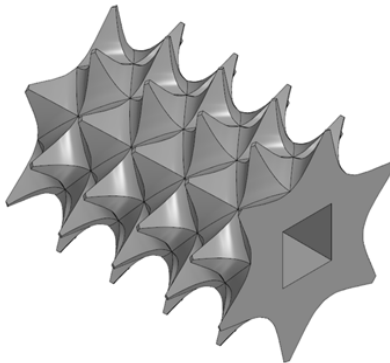
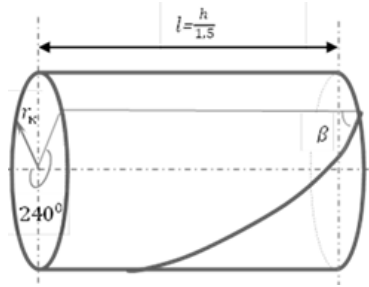
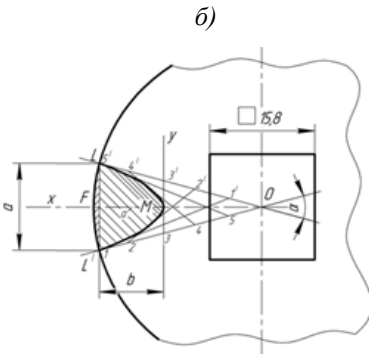
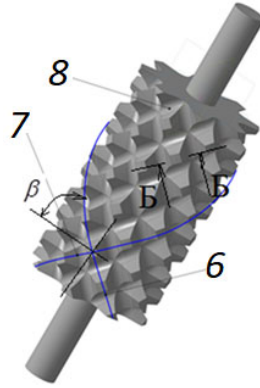
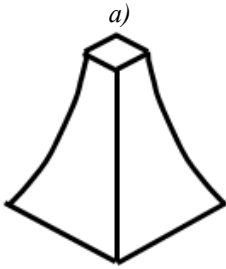


Рисунок 1. Высевающее устройство

Таблица 1 – Зависимости площади поперечного сечения канавок разной формы от их глубины

Форма канавки	Глубина канавки $b$ , мм				
	12	14	16	18	20
Окружность	194.798				
Эллиптическая	248.435	289.841	331.246	372.652	414.058
Параболическая	292.68	341.46	390.24	439.021	487.801
Гиперболическая	97.534	124.577	154.215	186.38	221.021

Теоретические исследования показали, что усовершенствование формы канавок приводит к значительному повышению производительности штифтово-винтового дозирующего устройства. К примеру, канавка с параболической формой может обеспечивать более чем в 1,5 раза увеличение производительности по сравнению с круглой формой, а канавка с эллиптической формой - в 1,27 раза. Для более эффективной подачи повышенного объема удобрений рекомендуется использовать винтовые канавки, имеющие форму параболы. В данном случае, диаметр катушки составляет 60 мм, количество желобков равно 6, ширина промежутков между канавками составляет 15,71 мм, центральный угол –  $29,96^\circ$ , а ширина сегмента – 15,53 мм. При этом режим работы остается согласно стандарту.

Пример конкретного выполнения катушки высевающего устройства с оптимальными параметрами: катушка с 6 штифтами в поперечном к оси сечении (рисунок 1, *е*). Для обеспечения данного числа штифтов, необходимо нарезать 6 желобков по правой винтовой линии и 6 желобков по левой винтовой линии. Параметры одной винтовой линии показаны на фиг 5. Длину образца возьмем равной  $l = 70$  мм. Количество штифтов в один ряд вдоль образующей цилиндра берем равным 4. Тогда угол поворота винтовой линии в радиальной плоскости составит  $240^\circ$ , т.е. шаг винтовой линии в 1,5 раза больше длины образца. Острый конец штифта может приводить к повреждению зерен, поэтому этому поводу количество штифтов в поперечном сечении катушки ограничено.

Высевающее устройство работает следующим образом.

Минеральные удобрения из бункера 1 поступают в корпус 2 высевающего элемента, где высевающая катушка 4 с усеченными пирамидальными штифтами 5 производит их отбор.

Расположение пирамидальных штифтов 5 на пересечении левой 6 и правой 7 многозаходных винтовых линий не позволяет удобрениям задерживаться на стыке штифта и образующей катушки - "пассивной зоне" и они двигаются в параллельных винтовым линиям плоскостях. Расположенные между пирамидальными штифтами 5 винтовые канавки 8 наполняются минеральным удобрением, а выполнение винтовых канавок 8 в поперечном сечении в форме параболы позволяет существенно повысить производительность высевающего устройства по сравнению с другими

известными формами сечений. При этом расположение винтовых канавок по направлениям перекрещивающихся винтовых линий способствует реверсивному движению гранул удобрений и обеспечивает псевдооживленное состояние дозируемого материала, вследствие чего исключается налипание гигроскопичных минеральных удобрений на поверхности катушки и тем самым сглаживается порционность и снижается неравномерность высева. Выполнение угла наклона  $\beta$  винтовых канавок 8 к плоскостям, перпендикулярным осям вращения приводного вала 3 цилиндрической высевающей катушки 4, меньше угла трения минеральных удобрений о поверхности винтовых канавок 8 исключает залипание пирамидальных штифтов 5 минеральными удобрениями.

Предложенная оригинальная конструкция высевающего устройства позволит повысить его производительность.

### Список использованной литературы

1. Обоснование геометрии распределительного устройства удобрения с центральным дозированием / С.О. Нукешев, М.Х. Токушев, Н.Н. Романюк [и др.]. // Материалы 3-й Междунар. науч.-практич. конф. «Актуальные проблемы формирования кадрового потенциала для инновационного развития АПК», 9–10 июня 2016г. / редкол.: Н.Н.Романюк [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2016. –С. 202–207.

2. Nukeshev, S., Yeskhozhin K., Karaivanov D., Ramaniuk M., Akhmetov E., Saktaganov B., Tanbayev K. A Chisel Fertilizer for In-Soil Tree-Layer Differential Application in Precision Farming / International Journal of Technology. Volume 14(1), pp.109-118. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v14i1.5143>.

3. Романюк, Н.Н. К вопросу разработки конструкции устройства для внесения минеральных удобрений / Н.Н.Романюк [и др.]. // Материалы VII Междунар. науч.-практич. конф. «Актуальные проблемы формирования кадрового потенциала для инновационного развития АПК», 4–5 июня 2020г. / редкол. : Н.Н. Романюк [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2020. – С. 204–206.

4. Некоторые результаты экспериментальных исследований дозирующей системы зернотуковой машины с блоком контроля и управления / С.О. Нукешев, Д.З. Есхожин, Н.Н. Романюк [и др.]. // Вестник науки Казахского агротехнического университета им. С.Сейфуллина (междисциплинарный). – № 1 (84). – С. 198–207.

5. Обоснование конструктивной схемы высевающего устройства для внесения основной дозы органоминеральных удобрений / Н.Н. Романюк [и др.]. // Вестник РГАТУ им. П.А.Костычева. – 2015. – №3 (37). – С.83–87.

6. Nukeshev, S., Tanbayev, K., Ramaniuk, M., Kakabayev, N., Sugirbay, A., Moldazhanov, A., 2024. Spray Angle and Uniformity of the Flat Fan Nozzle of Deep Loosener Fertilizer for Intra-Soil Application of Fertilizers. AgriEngineering, Volume 6(2), 1365-1394. <https://doi.org/10.3390/agriengineering6020079>.

7. А.с. СССР № 1139381, кл. А01С 7/12, 1985.

8. Патент KZ 17489, кл. А01С 7/12, 15.07.2009.

9. Патент KZ 31708, кл. А01С 7/12, 30.12.2016.

10. Выссевающее устройство : патент 028704 В1 Евразийский патент, МПК А 01 С 7/12, А 01 С 15/16 / С.О. Нукешев (KZ), Д.З. Есхожин (KZ), Н.Н.Романюк

(ВУ) [и др.]; заявитель АО «Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина». – № 201500921; заявл. 19.06.2015; опубл. 29.12.2017 // Евразийское патентное ведомство «Изобретения». – 2017. – Бюл. № 12. – 3 с.

11. Высеивающее устройство : патент на изобретение 37346 В РК, МПК А01С 7/00 / С.О.Нукешев (KZ); Д.З.Есхожин (KZ); К.М.Тлеумбетов (KZ); Е.С.Ахметов (KZ); Д.А.Сыздыков (KZ); А.Сугирбай (KZ); Н.Н.Романюк (ВУ) [и др.]; заявитель НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет им. С.Сейфуллина» (KZ). – № 024/0266.1; заявл. 03.04.2024; зарег. 30.05.2025 // Гос. реестр изобретений РК. – 2025. – Бюл. №22.

## **УДК 631.171/331.1**

**И.А. Старостин**, канд. техн. наук,

**С.А. Давыдова**, канд. техн. наук,

**А.В. Ещин**, канд. техн. наук

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», г. Москва  
e-mail: davidova-sa@mail.ru*

### **МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ВЛИЯНИЯ УРОВНЯ АВТОМАТИЗАЦИИ НА ВОЗМОЖНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ОПЕРАТОРОМ НЕСКОЛЬКИМИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫМИ АГРЕГАТАМИ**

**Ключевые слова:** автоматизация сельскохозяйственной техники, уровень автоматизации, цифровое сельское хозяйство, сельскохозяйственный агрегат, затраты рабочего времени.

**Key words:** agricultural machinery automation, automation level, digital agriculture, agricultural implement, labor time costs.

**Аннотация:** В работе проведен анализ распределения затрат рабочего времени оператора сельскохозяйственного агрегата на выполнение технологической операции в соответствии с классификацией сельскохозяйственной техники по уровню автоматизации управления основными элементами и системами, оказывающими значительное влияние на эффективность и качество выполнения технологического процесса.

**Summary:** The study analyzed the distribution of working time costs for an agricultural machine operator during a technological operation, in accordance with the classification of agricultural machinery by the level of automation of its main elements and systems, which significantly influence the efficiency and quality of the technological process

Переход к цифровому сельскому хозяйству требует рассматривать мобильные энергетические средства как сложные системы, где управление