

7. A Chisel Fertilizer for In-Soil Tree-Layer Site-Specific Application in Precision Farming / S.Nukeshev, K.Yeskhodzhin, D.Karaivanov, M.Ramaniuk, E.Akhmetov, B.Saktaganov, K.Tanbayev // International Journal of Technology. – 2023. – №14(1). – p. 109–118. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v14i1.5143>.

8. Рыхлитель-удобритель : патент на изобретение 35686 В Респ. Казахстан, МПК A01B 49/06 / С.О.Нукешев (KZ); К.К.Айтуганов (KZ); К.Д.Абулхаиров (KZ); Н.Н.Романюк (BY); В.А.Агейчик (BY); Е.С.Ахметов (KZ); К.Д.Есхожин (KZ); Р.К.Кусаинов (KZ); К.М.Тлеумбетов (KZ); Б.Ж.Сактаган (KZ); заявитель Товарищество с ограниченной ответственностью «AGRITECH-KATU» (KZ). – № 2021/0182.1; заявл. 19.03.2021; зарегистрир. 27.05.2022 // Государственный реестр изобретений Респ. Казахстан. – 2022. – Бюл. №21.

УДК 631.8

ВЫСЕВАЮЩИЙ АППАРАТ ДЛЯ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

С.О. Нукешев¹, д-р техн. наук, профессор,

Н.Н. Романюк², канд. техн. наук, доцент,

А.М. Сугирбай³, PhD,

Е.Е. Назарбаев¹, докторант,

Н.В. Бенкс¹, А.Е. Советов¹, М.В. Стрига², А.А. Буров², студенты

*¹Казахский агротехнический исследовательский университет
им. С. Сейфуллина, г. Астана, Республика Казахстан,*

*²УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», г. Минск, Республика Беларусь,*

*³Университет имени Шакарима города Семей,
Республика Казахстан*

Аннотация: В данной работе проанализирована конструкция высевающего аппарата, предназначенного для внесения основной дозы минеральных удобрений. Проведено моделирование ее работы методом дискретных элементов и определена ее работоспособность в различных конфигурациях.

Abstract: This study analyzes the design of a metering device intended for applying the main dose of mineral fertilizers. Its operation was simulated using the discrete element method, and its performance was evaluated in various configurations.

Ключевые слова: минеральные удобрения, высевающий аппарат, моделирование, равномерность дозирования, количество посева.

Keywords: mineral fertilizers, metering device, simulation, dosing uniformity, application rate.

Введение

Особенность внутрипочвенного внесения – точное размещение минеральных удобрений относительно корней растений – предопределяет повышенные требования к конструкциям туковысевающих аппаратов, тукозаделывающих рабочих органов и качеству

удобрений. Анализ современных высевающих аппаратов и специализированных механизмов для распределения трудносыпучих материалов свидетельствует о том, что наибольшую эффективность демонстрируют устройства, оснащённые рабочими элементами, обеспечивающими активный захват материала из бункера и его принудительную транспортировку по тукопроводу к сошнику [1–6]. К числу наиболее перспективных решений относятся разновидности катушечных высевающих аппаратов, такие как штифтовые, лопастные и мотыльковые, которые широко применяются для внесения трудносыпучих удобрений. Вместе с тем экспериментальные исследования выявили, что при работе с минеральными удобрениями, обладающими нестандартной влажностью, происходит задержка материала в межштифтовом пространстве – в «пассивных зонах». Это приводит к накоплению удобрений и заполнению активной зоны между элементами, в результате чего штифтовая катушка утрачивает функциональность и фактически превращается в цилиндрический ролик, что прекращает процесс высева.

В целях повышения эксплуатационных характеристик и надёжности туковысевающих агрегатов предложена и разработана оригинальная конструктивная схема высевающего аппарата.

Основная часть

Рабочий объем разработанного шестиканального ролика за один оборот рассчитывается путем суммирования свободного пространства катушки и определения объема активного слоя (1). На рисунке 1 показан поток гранулированного удобрения внутри дозирующего устройства и основные параметры для расчета рабочего объема разработанного шестиканального ролика (рис.2).

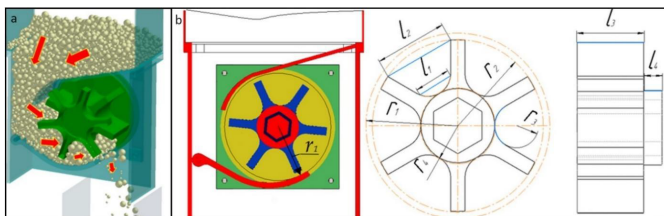


Рисунок 1 – Разработанное шестиканальное дозирующее устройство

Общий рабочий объем разработанного шестиканального дозирующего устройства определяется по формуле:

$$V_{\text{wv}} = 12 \left(\left(\frac{1}{2} r_2^2 \left(\frac{\pi \alpha_2}{180^\circ} - \sin \alpha_1 \right) + \frac{1}{2} r_3^2 \left(\frac{\pi \alpha_2}{180^\circ} - \sin \alpha_2 \right) + \frac{1}{2} (l_1 + l_2) h \right) l_3 \right) + 2\pi(r_2^2 - r_4^2)l_4, \quad (1)$$

где α_1 – угол канавки; α_2 – угол хорды; r_2 – радиус ролика; l_1 – длина нижней хорды; l_2 – длина верхней хорды; l_3 – длина канавки, мм; h – расстояние между верхней и нижней хордами.

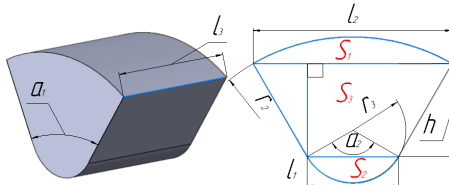


Рисунок 2 – Параметры для расчета объема свободного пространства одной канавки

Проведено тройное моделирование разработанного шестиканального вала с различными длинами зазора (l) от 3 мм до 15 мм с шагом 2 мм для семи параметров. При скорости вращения вала 10 об/мин были измерены данные от 2 до 8 секунд для расчета массы выгруженного гранулированного удобрения за один оборот. Теоретический расчет выгруженной массы гранул (Q_{wv}) был сравнен с результатами моделирования на DEM (Q_{sim}).

Результаты теоретического анализа и моделирования на DEM с зазором в середине.

В первом задании исследуется шестиканальный валик с различными длинами зазора (l). Теоретическая масса выгруженного гранулированного удобрения значительно увеличилась с 125,84 г до 175,29 г, поскольку длина зазора шестиканального валика увеличилась с 3 мм до 15 мм. Однако масса выгруженного гранулированного удобрения, смоделированная с помощью DEM, увеличилась лишь незначительно, когда длина зазора шестиканального валика увеличилась с 3 мм до 15 мм. Коэффициент регрессии линейной линии тренда среднего значения трех моделирований на DEM составил 0,9926. Это показало линейное увеличение массы выгруженного гранулированного удобрения, смоделированного с помощью DEM. Среднее значение моделируемой выгруженной массы гранулированного удобрения незначительно увеличилось с 123,35 г до 134,30 г, когда расстояние между шестью канавками вальца увеличилось с 3 мм до 15 мм. SR увеличился с 2,02 % до 30,52 % вме-

сте с увеличением расстояния между канавками. Это показывает, что увеличение расчетной длины зазора шестиканального вала с 3 мм до 15 мм приводит к более неэффективному использованию рабочего процесса из-за проскальзывания частиц.

Таким образом, существуют взаимодействия между частицами и между частицами и материалом. Когда валок вращается, материал перемещает частицы, что приводит к дальнейшей корректировке соседних частиц. По мере увеличения длины зазора расчетного шестиканального вала влияние материала на частицы уменьшается, что приводит к увеличению проскальзывания частиц.

Из-за скольжения частиц увеличение расчетной длины зазора шестиканального валика с 3 мм до 15 мм привело к увеличению массы выгруженного гранулированного удобрения всего на 10,95 г.

Увеличение длины зазора значительно улучшает равномерность распределения гранулированного удобрения, при этом коэффициент вариации (CV) уменьшается с 63,18 % до 38,73 % (рисунок 3).

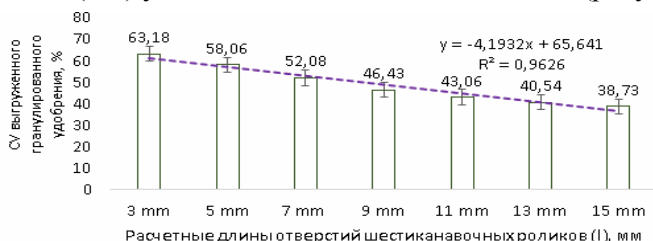


Рисунок 3 – Средний коэффициент вариации расхода гранулированного удобрения из нескольких повторений

Линия тренда CV линейно зависит от длины зазора между шестью канавками ролика, с коэффициентом регрессии 0,9626 для линейной линии тренда среднего CV в трех симуляциях DEM. Кроме того, длина зазора между шестью канавками ролика не должна превышать 15 мм. Это необходимо для обеспечения свободного потока гранулированных частиц удобрений из дозирующего устройства, когда шестиканавочный ролик не вращается, а сеялка движется в транспортном положении.

Влияние дополнительных зазоров с левой и правой сторон.

После определения влияния зазоров во второй задаче были добавлены дополнительные зазоры с левой и правой сторон ролика. Сравнение ролика с канавками и зазорами в середине, с левой и правой сторон показано на рисунках 4а и 4б. В этом случае длина ролика бы-

ла разделена на пять частей, чтобы обеспечить симметричность левой и правой частей. Таким образом, длина каждого зазора составляла 12 мм. Теоретическая масса выгруженного гранулированного удобрения с рифленным валиком с зазорами посередине, слева и справа составила 201,61 г. Результаты моделирования с использованием DEM показали, что масса выгруженного гранулированного удобрения составила 148,35 грамма, а SR – 35,9 % с CV 30,94 %.



а
б

Рисунок 4 –Положение зазора между роликами:
а – посередине; б – посередине, слева и справа

Преимуществом катушки является универсальность, способность дозировать гранулированные минеральные и органические удобрения [7].

Заключение

Разработанная катушка была протестирована в различных конфигурациях, а именно с одним зазором посередине и дополнительными зазорами с левой и правой сторон. Добавление боковых зазоров значительно улучшило равномерность и массу выбрасываемого удобрения. Теоретическая масса выгрузки была рассчитана как 201,61 г, в то время как фактическая масса, измеренная с помощью DEM-моделирования, составила 148,35 г, что дало SR 35,9%. Результаты показали, что увеличение длины зазора привело к увеличению проскальзывания частиц. Это привело к улучшению равномерности распределения удобрений, о чем свидетельствует снижение CV с 63,18% до 38,73%. Проверка с помощью лабораторного оборудования с смещенным валиком с прямыми зубьями подтвердила выгрузку 150 г минерального гранулированного удобрения. Результаты показали важность оптимизации параметров зазора для обеспечения баланса между эффективностью и равномерностью выгрузки. Это позволило предположить, что предлагаемая конструкция валика с канавками может повысить равномерность дозирования удобрений.

Список использованной литературы

1. Nukeshev, S., Yeskhozhin K., Karaivanov D., Ramaniuk M., Akhmetov E., Saktaganov B., Tanbayev K. A. Chisel Fertilizer for In-Soil Tree-Layer Differential Appli-

cation in Precision Farming / International Journal of Technology. Volume 14(1), pp. 109–118. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v14i1.5143>.

2. Nukeshev S., Eskhozhin D., Lichman G., Karaivanov D., Zolotukhin E., Syzdykov D., 2016a. Theoretical Substantiation of The Design of a Seeding Device for Differentiated Intra Soil Application of Mineral Fertilizers. Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis, Volume 64(1), pp. 115–122. 10.11118/actaun201664010115.

3. Nukeshev, S., Eskhozhin, K., Eskhozhin, D., Syzdykov, D., 2017a. Justification of Design and Parameters of Seeding Unit for Fertilizers. Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering, Volume 39(4), pp. 1139–1149.

<https://doi.org/10.1007/s40430-016-0588-5>.

4. Nukeshev S., Slavov B., Karaivanov D., Balabekova A., Zhaksylykova Z., 2019. Forced Vibrations of the Hopper of Fertilizer Applying Machine. Mechanics, Volume 24(6), pp. 798–804. <https://doi.org/10.5755/j01.mech.24.6.22464>

5. 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>.

6. Nukeshev, S., Yeskhozhin, K., Tokushev, M., Zhazykbayeva, Z., 2016b. Substantiation of the Parameters of the Central Distributor for Mineral Fertilizers. International Journal of Environmental and Science Education, Volume 11, pp. 7932–7945. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1117306.pdf>

7. Nukeshev S., Sugirbay A., Dulatbay Y., Tanbaev K., Yeskhozhin K., Chen J., Nazarbayev Y., Sugirbaeva Z. Offset Straight-Tooth Roller Development Using the Discrete Element Method for Applying Granular Mineral Fertilizer / International Journal of Technology. Volume 15(6), 2024. – pp. 2060–2073. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v15i6.7311>.

УДК 631.8

ЗЕРНОТУКОТРАВЯНАЯ СЕЯЛКА – РЕЗУЛЬТАТЫ ЛАБОРАТОРНО-ПОЛЕВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

С.О. Нукешев¹, д-р техн. наук, профессор,

Н.Н. Романюк², канд. техн. наук, доцент,

В.Н. Еднач², канд. техн. наук, доцент,

А.А. Керейбаев¹, А.С. Жетписбай¹, М.В. Стрига²,

А.А. Буров², студенты

¹*Казахский агротехнический исследовательский университет
им. С. Сейфуллина, г. Астана, Республика Казахстан,*

²*УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», г. Минск, Республика Беларусь*

Аннотация: В работе приведены результаты лабораторно-полевых исследований разработанной зернотукотравяной сеялки по определению потребного тягового усилия на рабочий орган, качества дозирования и заделки семян, удобрений внутри почвы.