

С.О. Нукешев<sup>1</sup>, д-р техн. наук, профессор,

Н.Н. Романюк<sup>2</sup>, канд. техн. наук, доцент,

А.М. Сугирбай<sup>3</sup>, PhD,

Е. Назарбаев<sup>1</sup>, докторант,

А.Н. Еркен<sup>1</sup>, студент 3 курса

<sup>1</sup>Казахский агротехнический исследовательский университет  
им. С. Сейфуллина, г. Астана

<sup>2</sup>УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
г. Минск

<sup>3</sup>Университет Шакарима, г. Семей

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ТУКОВЫСЕВАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА

**Ключевые слова:** туковyseвayющий аппарат, удобрения, дифференцированное внесение, неравномерность внесения, конструкция.

**Keywords:** fertilizer spreader, fertilizers, differentiated application, uneven application, design.

**Аннотация.** В статье рассматриваются вопросы дифференцированного внесения минеральных удобрений. Предложена оригинальная конструкция туковyseвayющего устройства, использование которого позволит повысить равномерность дозирования гранулированных удобрений.

**Summary.** The article examines the issues of differentiated application of mineral fertilizers. An original design of a fertilizer spreader is proposed, the use of which will improve the uniformity of dosing of granulated fertilizers.

Существующие туковyseвayющие аппараты не в полной мере обеспечивают агротехнические требования к качеству внесения минеральных удобрений, неравномерность и неустойчивость внесения достигают 20–40% при требуемой до 15% за счет конструктивных недостатков и гигроскопичности удобрений [1-6]. Для решения данных проблем предложена новая конструкция туковyseвayющего устройства. С целью улучшения равномерности дозирования гранулированных удобрений шестиштифтовая катушка шириной 60 мм разделена на одинаковые левую и правую части, смещенные в осевом направлении на 30°, с зазором L, расположенным посередине (рисунок 1: а) вид с левой стороны; б) вид с углом).

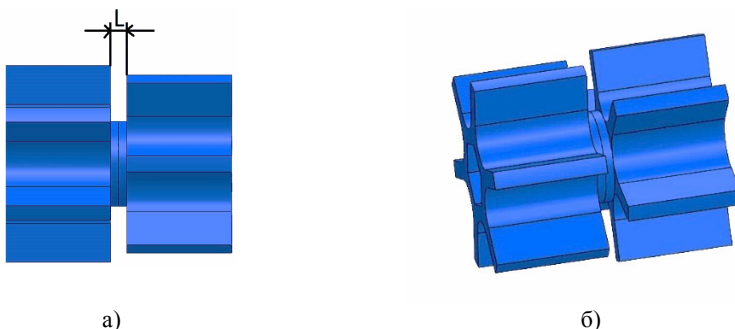


Рисунок 1 – Туковывсевающий аппарат с канавкой между штифтами

При отсутствии или малом расстоянии  $L$  между штифтами, гранулы удобрений могут застревать между ними, а если  $L$  слишком велико, то они будут проскальзывать между штифтами. Для определения параметров дозирующего аппарата проводились эксперименты с использованием программы DEM, моделирующей взаимодействие между удобрениями и взаимодействие между удобрениями и дозирующим устройством (рисунок 2: а) вид с левой стороны; б) вид с углом).

Процесс моделирования разработанного туковывсевающего аппарата в зависимости от времени показан на рисунке 3. Проведено трехкратное моделирование разработанной катушки с различными длинами зазоров  $L$  от 3 мм до 15 мм, с шагом 2 мм, для семи параметров. Полученные данные проанализированы с помощью программы Excel. Масса выгруженного гранулированного удобрения рассчитана за один оборот катушки, теоретический расчет массы выгружаемого удобрения ( $Q_{wv}$ ) сравнивался с результатами моделирования с помощью DEM ( $Q_{sim}$ ).

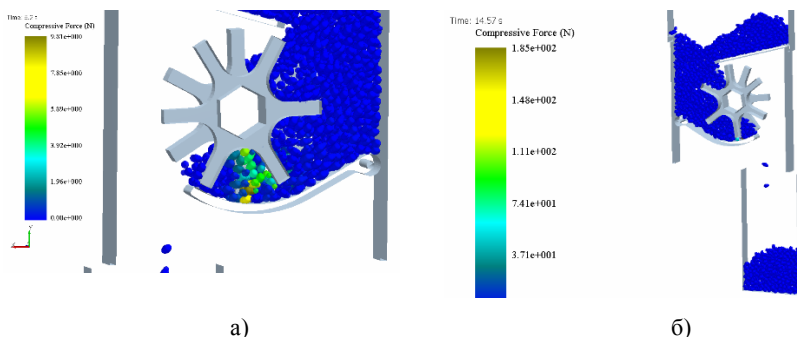


Рисунок 2 – Моделирование взаимодействия между удобрениями и взаимодействия между удобрениями и дозирующим устройством с использованием программы DEM

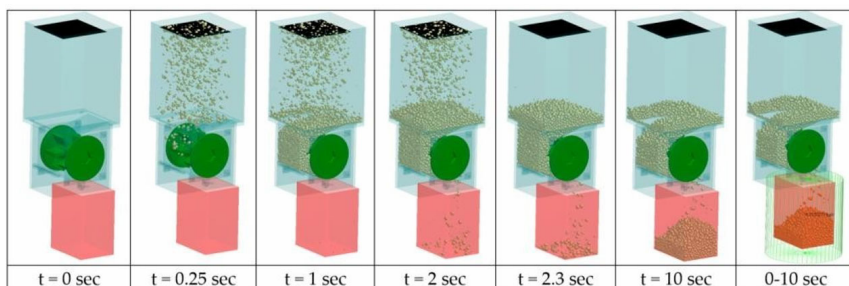


Рисунок 3 – Процесс моделирования туковывсевающего аппарата

Результаты теоретического анализа и трех повторов моделирования показаны на рисунке 4.

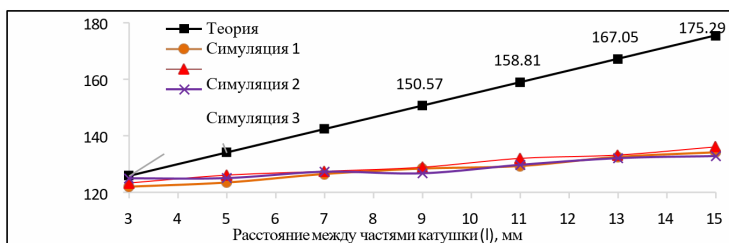


Рисунок 4 – Сравнение теоретических и симуляционных результатов трех репликаций с использованием DEM

Теоретическая масса дозированного гранулированного удобрения значительно увеличилась с 125,84 г до 175,29 г, так как проектная длина зазора между левыми и правыми частями катушки увеличилась с 3 мм до 15 мм. Однако смоделированная масса дозированного гранулированного удобрения увеличилась лишь незначительно, с 123,35 г до 134,30 г при увеличении длины зазора между частями штифтовой катушки с 3 мм до 15 мм. Коэффициент регрессии линии линейного тренда среднего значения трех имитаций составил 0,9926. Это свидетельствует о линейном увеличении массы гранулированных удобрений, выгруженных при моделировании. Вместе с увеличением зазора увеличился также коэффициент проскальзывания частиц удобрений SR с 2,02% до 30,52%. Это показывает, что увеличение длины зазора между левым и правым частями штифтовой катушки с 3 мм до 15 мм приводит к более неэффективному использованию рабочего объема из-за проскальзывания частиц, увеличение массы дозированного гранулированного удобрения составило всего 10,95 г. Это объясняется тем, что при увеличении зазора между левым и правыми частями катушки влияние штифтов катушки на частицы материала

уменьшается и дозирование в середине катушки будет осуществляться за счет взаимодействия частиц с частицами, что приведет к увеличению их проскальзывания.

Направление выгрузки гранулированного удобрения, смоделированное с помощью DEM, показано на рисунке 5.

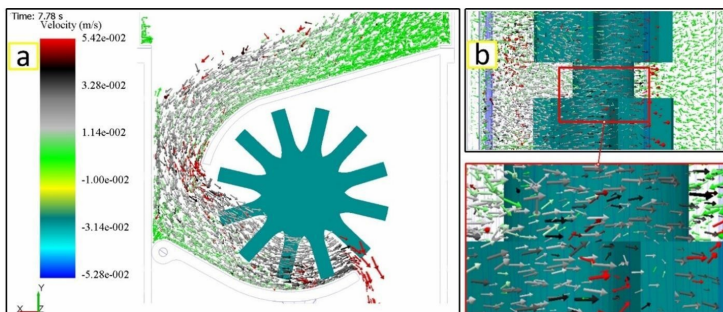


Рисунок 5 – Направление разгрузки гранулированных удобрений, смоделированное с помощью DEM: а) вид слева; б) вид снизу

Скорость частиц увеличивается от центра катушки к нижней заслонке (рисунок 5, а). Проскальзывание частиц между левым и правым частями можно отчетливо наблюдать по векторам скорости на рисунке 5, б.

Частицы гранулированного удобрения внутри канавки перемещаются к центру по мере выхода частиц из межштифтового пространства, создавая свободное пространство между штифтами. Далее после заполнения зазора между частями катушки заполняется межштифтовое пространство, при этом дозирование в этой части осуществляется за счет трения между частицами удобрений.

Увеличение длины зазора значительно улучшает равномерность дозирования гранулированных удобрений, при этом коэффициент вариации (CV) снижается с 63,18% до 38,73%. Линия тренда CV линейно зависит от длины зазора между левым и правым частями катушки, при этом достоверность уравнения аппроксимации составляет 0,9626 для линии линейного тренда среднего CV по трем имитациям DEM.

Данное исследование финансируется Комитетом по науке Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант № AP19674514).

#### Список использованной литературы

1. Nukeshev, S., Yeskhodzhi 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>.

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., Yeskhoszhin, 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., Yeskhoszhin 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 631.31**

**В.А. Ружьев**, канд. техн. наук, доцент,

**А.Б. Калинин**, д-р техн. наук,

**И.З. Теплинский**, канд. техн. наук, профессор

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», г. Пушкин  
[ruzhev\\_va@mail.ru](mailto:ruzhev_va@mail.ru)*

## **ЛАПА ГЛУБОКОРЫХЛИТЕЛЯ КОМБИНИРОВАННОГО ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО АГРЕГАТА С РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ ФОРМЫ**

**Ключевые слова:** реологические свойства почвы, условия функционирования, почвообрабатывающие рабочие органы, оценка статистических характеристик.

**Keywords:** rheological properties of soil, operating conditions, tillage working bodies, evaluation of statistical characteristics.