formation Characteristics of the Coulter of a Grain–Fertilizer–Grass Seeder / AgriEngineering 2024, 6, 2326–2351. https://doi.org/10.3390/agriengineering6030136.

4. Nukeshev S., Eskhozhin D., Mamyrbayeva I., Karaivanov D., Gubasheva A., Tleumbetov K., Kossatbekova D., Tanbayev K. Mathematical modelling and designing of a universal conical spreader for granular material / Acta Technologica Agriculturae 3 Nitra, Slovaca Universitas Agriculturae Nitriae, Volume 26 – Issue 3, 2023, pp. 152–158. https://doi.org/10.2478/ata-2023-0020.

УДК 631.8

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ КАТУШКИ НА КАЧЕСТВО ДОЗИРОВАНИЯ

С.О. Нукешев[1], д-р техн. наук, профессор,
Н.Н. Романюк[2], канд. техн. наук, доцент,
А.М. Сугирбай[3], PhD,
Е.Е. Назарбаев[1], докторант,
Т.Ш. Утегенов[1], В.Ю. Сенько[2], студенты

[1]Казахский агротехнический исследовательский университет им.С. Сейфуллина, г. Астана, Республика Казахстан,
s.nukeshev@kazatu.edu.kz
[2] Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь,
[3]Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан

Аннотация. В работе рассмотрены конструктивные параметры катушки и их влияние на равномерность подачи гранулированных минеральных удобрений. Предложена методика лабораторной оценки массовой подачи по коэффициенту вариации и математическая модель второго порядка для последующей обработки экспериментальных данных.

Abstract. The paper considers the structural parameters of a roller and their potential effect on the uniformity of granular mineral fertilizer discharge. A two-factor central composite design was formed. A laboratory procedure based on the coefficient of variation of mass flow and a second-order regression model are proposed for further experimental evaluation.

Ключевые слова: желобчатая катушка, туковысевающий аппарат, равномерность дозирования, коэффициент вариации.

Keywords: fluted roller, fertilizer metering device, discharge uniformity, coefficient of variation.

Введение

Равномерность внесения минеральных удобрений является одним из основных условий эффективного использования туков и стабильности агротехнологического процесса. Желобчатые катуш-

ки применяются в механических дозаторах благодаря простой конструкции и возможности регулирования подачи. Вместе с тем периодический захват и сброс порций гранулированного материала может вызывать пульсации массового потока. Исследования рабочих органов с желобчатыми роликами показывают, что конструктивные параметры дозатора существенно влияют на точность и стабильность подачи [1–3].

В работе [1] коэффициент вариации массового потока использован как показатель равномерности, а длина рабочего ролика отнесена к значимым параметрам процесса. Другие исследования также подтверждают влияние активной длины ролика и частоты его вращения на точность подачи [2, 3]. Поэтому представляет интерес исследование геометрических параметров рабочей части катушки.

Целью работы является обоснование диапазонов длины рабочей части и угла смещения рабочих элементов желобчатой катушки и разработка методики экспериментальной оценки их влияния на равномерность дозирования минеральных удобрений.

Основная часть

Материалы и методы исследования. Объектом исследования принята желобчатая катушка туковысевающего аппарата, рис.1.

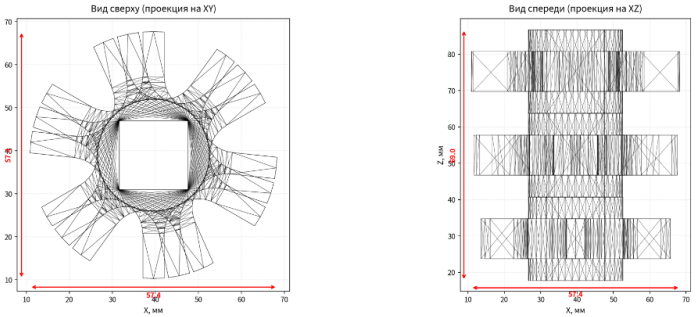

Рисунок 1 – Схема экспериментальной желобчатой катушки

Для анализа использованы девять разрабатываемых моделей. Постоянными геометрическими характеристиками серии являются наружный диаметр 57,4 мм, длина катушки 69 мм, центральное отверстие 22 мм и шесть рабочих элементов. Варьируемыми параметрами приняты длина рабочей части L и угол смещения α, табл.1.

Таблица 1 – Матрица планирования исследования

№	L, мм	α, °	x_1	x_2
1	11	12	−1	−1
2	15	12	+1	−1
3	11	24	−1	+1
4	15	24	+1	+1
5	9	18	−2	0
6	17	18	+2	0
7	13	6	0	−2
8	13	30	0	+2
9	13	18	0	0

Центральные значения факторов составляют L_o = 13 мм и α_o = 18°. Кодирование выполняется по зависимостям:

$$x_1 = (L - 13)/2; \quad x_2 = (\alpha - 18)/6.$$

План позволяет оценить линейные, квадратичные эффекты и взаимодействие факторов. При увеличении L изменяется протяженность рабочей части и потенциальный объем пространства, участвующего в захвате гранул. Длины рабочих секций составляют 9, 11, 13, 15 и 17 мм. Угол α изменяет взаимное угловое положение рабочих элементов. При шести элементах угловой шаг составляет:

$$\varphi = 360°/z = 60°$$

Изменение α рассматривается как изменение последовательности взаимодействия рабочих элементов с гранулированным материалом. Это позволяет отделить влияние длины рабочей части от влияния пространственного смещения элементов.

Методика лабораторного исследования. Для получения экспериментальных данных рекомендуется использовать стационарный лабораторный стенд с бункером, приводом катушки с регулируемой частотой вращения и приемной емкостью с последующим взвешиванием материала через равные интервалы времени. Для всех вариантов должны сохраняться одинаковые масса загрузки, свойства удобрения, частота вращения, положение заслонки и длительность опыта. Каждую комбинацию факторов целесообразно повторять не менее трех раз.

Основным критерием равномерности предлагается принять коэффициент вариации массовой подачи:

$$C_v = (\sigma / \bar{m}) \cdot 100\ \%,$$

где σ – среднеквадратическое отклонение массы материала в контрольных интервалах; $\bar{m}$ – средняя масса материала в интервале.

После проведения лабораторных опытов для каждого варианта определяются средняя масса подачи, среднеквадратическое отклонение и коэффициент вариации. Полученный массив данных обрабатывается методом регрессионного анализа. Для двух факторов предлагается модель второго порядка:

$$C_v = b_o + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_{1\,2} x_1 x_2 + b_{1\,1} x_1^2 + b_{2\,2} x_2^2.$$

Статистическую значимость коэффициентов рекомендуется оценивать по критерию Стьюдента, а адекватность модели – по критерию Фишера. Рациональные значения конструктивных параметров определяются из условия минимума функции $C_v(L, \alpha)$.

Предложенный подход согласуется с опубликованными исследованиями желобчатых дозаторов. Huang и соавторы использовали коэффициент вариации массового потока и установили значимое влияние параметров ролика на этот показатель [1]. В исследованиях роликов для семян показано влияние активной длины и частоты вращения на точность подачи [2]. Сугирбай А. и соавторы исследовали параметры роликового дозатора гранулированных удобрений и равномерность внесения, что подтверждает актуальность количественной оценки коэффициента вариации [3].

Для рассматриваемой конструкции научный интерес представляет совместное изучение L и α. Изменение длины рабочей части характеризует геометрию зоны захвата материала, а изменение α – пространственную последовательность работы элементов. Поэтому регрессионная зависимость после проведения испытаний может использоваться для выбора рационального сочетания параметров катушки.

Заключение

1. По девяти трехмерным моделям сформирован диапазон конструктивных параметров желобчатой катушки: L = 9–17 мм и α = 6–30° при центральной точке L = 13 мм и α = 18°.

2. Для количественной оценки равномерности дозирования предложен коэффициент вариации массовой подачи C_v.

3. Сформирован центральный композиционный план второго порядка из девяти вариантов, позволяющий исследовать линейное, квадратичное и совместное влияние факторов.

4. Предложена регрессионная модель второго порядка. Численные коэффициенты модели и оптимальные значения L и α должны быть определены после реальных испытаний.

Список использованной литературы

1. Huang Y.X., Wang B.T., Yao Y.X., Ding S.P., Zhang J.C., Zhu R.X. Parameter optimization of fluted-roller meter using discrete element method // International Journal of Agricultural and Biological Engineering. 2018. Vol. 11, No. 6. P. 65–72. DOI: 10.25165/j.ijabe.20181106.3573.

2. Kumar M., Sahni R.K. A study on effectiveness of fluted feed roller metering device for high-speed soybean sowing // Journal of Agricultural Engineering. 2024. Vol. 61, No. 6. P. 783–793. DOI: 10.52151/jae2024616.1891.

3. Sugirbay A.M., Zhao J., Nukeshev S.O., Chen J. Determination of pin-roller parameters and evaluation of the uniformity of granular fertilizer application metering devices in precision farming // Computers and Electronics in Agriculture. 2020. Vol. 179. 105835. DOI: 10.1016/j.compag.2020.105835.

4. 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 631.333.6

ОСНОВЫ ПРИМЕНЕНИЯ МАШИН ДЛЯ ВНУТРИПОЧВЕННОГО ВНЕСЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В УСЛОВИЯХ КАЗАХСТАНА

Н.Т. Нурпеисова[1], докторант,
С.О. Нукешев[1], д-р техн. наук, профессор,
В.А. Агейчик[2], канд. техн. наук, доцент,
Р.К. Рукашев[1], В.Ю. Сенько[2], студенты

[1]Казахский агротехнический исследовательский университет им.С. Сейфуллина, г. Астана, Республика Казахстан,
Nnazira1992@gmail.com

[2] Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

Аннотация. В статье выполнен обзор современных машин для внутрипочвенного внесения минеральных удобрений. На основе анализа их недостатков обоснована необходимость создания машин нового типа, обеспечивающих внесение удобрений на 3-5 см глубже глубины посева семян и формирование питательной ленты шириной 30 см, равной ширине лапы сошника.

Abstract. The article provides an overview of modern machines for subsurface application of mineral fertilizers. Based on the analysis of their shortcomings, the necessity of creating a new type of machines is substantiated, providing fertilizer application 3-5 cm deeper than the seeding depth and forming a nutrient strip 30 cm wide, equal to the width of the cultivator sweep.

Ключевые слова: минеральные удобрения, внутрипочвенное внесение, рабочий орган, глубина 3-5 см, ширина лапы 30 см.

Keywords: mineral fertilizers, subsurface application, working body, depth 3-5 cm, sweep width 30 cm.