нейный степенной характер ($d \sim h^{0.4...0.6}$), что обеспечивает высокую устойчивость системы к колебаниям расхода. Основным рычагом управления дисперсностью при изменении толщины пленки является угловая скорость вращения диска, влияние которой доминирует над влиянием расхода. Для практики агродронов это означает: при увеличении нормы внесения оператор должен в первую очередь увеличивать обороты распылителя, а не полагаться на снижение скорости полета.

Список использованной литературы

1. Пажи Д.Г., Галустов В.С. Основы техники распыливания жидкостей. – М.: Химия, 1984.

2. Домбровский Н.Н., Свиридов В.А. Центробежные распылители жидкости. – М.: Машиностроение, 1985.

3. Успенский С.А., Довыденков А.К., Вейсал Р.И. Применение искусственного интеллекта и машинного обучения в сельском хозяйстве // Интеграция аірарной науки, практики и образования как условие продовольственной безопасности: сборник материалов международной научной конференции. – Смоленск, 2023. – С. 230-236.

4. Успенский С.А., Скобеев И.И., Жеуров Н.А. Исследование применения БПЛА в АПК // Аграрная наука и инновационное развитие АПК: состояние, проблемы и перспективы: сборник материалов международной научной конференции. - Смоленск, 2024. – С. 281–284.

5. Аіродроны в 2025 году: полное руководство по бизнес-моделям /А.Тафратов //Р8В МесЗіа ЇЖЬ: Ьир8://Г8Ьтесііа.ги/2025/10/20/а2госІгопу-v-2025-ё;о(іи-роІпоегикovогізIvo-ро-Ъігпей-тосIeIуат/ (дата обращения: 10.12.2025).

УДК 631.8; 631.171

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ СОШНИКА ДЛЯ ВНУТРИПОЧВЕННОГО ВНЕСЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

С.О. Нукешев[1], д-р техн. наук, профессор,
Н.Н. Романюк[2], канд. техн. наук, доцент,
К.М. Тлеумбетов[1], PhD, старший преподаватель,
А.Д. Татымбетов[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

Аннотация. В работе предложена конструкция распределителя сошника. Теоретические исследования позволили получить дифференциальное уравнение

движения частиц по направителю в зависимости от текущего угла между касательной к кривой направителя и его осью.

Abstract. The paper proposes a design of a furrow opener distributor. Theoretical studies made it possible to derive a differential equation describing the motion of particles along the guide as a function of the instantaneous angle between the tangent to the guide curve and its axis.

Ключевые слова: минеральные удобрения, сошник, внутрипочвенное внесение, неравномерность распределения, конус-распределитель

Keywords: mineral fertilizers, furrow opener, in-soil application, uneven distribution, cone distributor.

Введение

Анализ способов пространственного размещения удобрений в почве показывает, что в целях минимального поглощения удобрений почвой и создания условий для лучшей доступности их растениями наиболее эффективно в условиях рискованного земледелия Северного Казахстана локальное внесение основной дозы удобрений под зерновые культуры экранным способом на глубину 10…15 см устойчивой влажности. Для реализации этой технологии применяются различные распределительные устройства и приспособления. Однако существующие распределительные устройства для внутрипочвенного внесения минеральных удобрений, оборудованные пассивными распределителями, не обеспечивают требуемой (до 15%) равномерности рассева туков [1].

Основная часть

Конструкция сошника для внутрипочвенного внесения удобрений состоит из стойки–тукопровода, к которому прикреплена стрельчатая лапа [2, 3]. Внутри стойки-тукопровода размещен винтовой завихритель, в основание которого укреплен конус-рассеиватель. Удобрение, проходя через винтовой завихритель 2, приобретает форму полого цилиндра (рисунок 2). Необходимым условием получения равномерно стекающего с конуса потока гранул удобрений является попадание их в форме полого цилиндра на верхнюю часть усеченного конуса. Для этого выходной конец стойки сошника должна заканчиваться в виде направителя 3. Его назначение направить закрученный поток на конус-распределитель 4. При этом он должен изменить ускоренно-закрученное движение частиц в стационарное с направлением скорости в вертикальной плоскости.

На частицу M действуют следующие силы: $P = mg$ – сила веса частиц; $F = fN$ – сила трения частиц о материал направителя;

$I_n = m\frac{\upsilon^2}{\rho}$ – центробежная сила инерции; $I_\tau = \frac{mg}{dt}$ – тангенциальная сила инерции; υ – поступательная скорость частицы; N – нормальное давление частицы на поверхность направителя; ρ – радиус кривизны вертикального сечения направителя.

Составим дифференциальное уравнение движения частицы в системе осей OX и $OУ$, рис. 3:

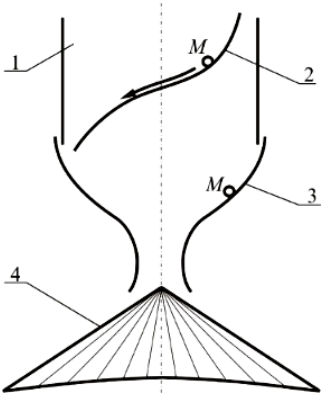

Рисунок 2 – Схема работы направителя

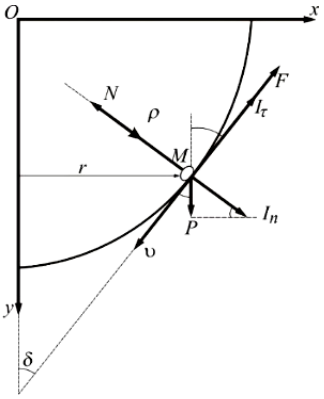

Рисунок 3 – Схема действующих сил на частицу в направителе

$$\begin{aligned} P + I_n \sin\delta - N\sin\delta - (F + I_\tau)\cos\delta = 0. \\ I_n \cos\delta + (F + I_\tau)\sin\delta - N\cos\delta = 0. \end{aligned} \quad (1)$$

Расшифруем силу трения:

$$\begin{aligned} P + I_n \sin\delta - N\sin\delta - fN\cos\delta - I_\tau \cos\delta = 0. \\ I_n \cos\delta + fN\sin\delta + I_\tau \sin\delta - N\cos\delta = 0. \end{aligned} \quad (2)$$

Определим значение нормального давления:

$$P + I_n \sin\delta - I_\tau \cos\delta = N(\sin\delta + f\cos\delta).$$

$$I_n \cos\delta + I_\tau \sin\delta = N(\cos\delta - f\sin\delta). \quad (3)$$

$$N = \frac{P + I_n \sin\delta - I_\tau \cos\delta}{\sin\delta + f\cos\delta} \;;\quad N = \frac{I_n \cos\delta + I_\tau \sin\delta}{\cos\delta - f\sin\delta}. \quad (4)$$

Исключив из (4) нормальные давления получим:

$$P(\cos\delta - f\sin\delta) - I_n f = I_\tau \;. \quad (3)$$

Подставим значения действующих сил:

$$m\frac{d\upsilon}{dt} = mq\left(\cos\delta - f\sin\delta\right) - \frac{m\upsilon^2}{\rho}.$$

После сокращения массы частиц имеем:

$$\frac{d\upsilon}{dt} = q\left(\cos\delta - f\sin\delta\right) - \frac{f\upsilon^2}{\rho}. \qquad (4)$$

Уравнение (4) является дифференциальным уравнением движения частиц по направителю 3 в зависимости от текущего угла между касательной к кривой направителя и его осью, которая совпадает с координатной осью *OY*.

Выше было отмечено, что назначение направителя преобразовать ускоренно-закрученное движение частиц в стационарное [4]. Это означает, что поступательная скорость частиц должна быть постоянной – $\upsilon = const$. Следовательно, должно соблюдаться условие: $\frac{d\upsilon}{dt} = 0$. При этом уравнение (4) принимает вид:

$$q\left(\cos\delta - f\sin\delta\right) - \frac{f\delta^2}{\rho} = 0. \qquad (5)$$

Из ранних исследовании известно, что форма кривой вертикального сечения направителя 3 (рис.2) может иметь вид окружности или параболы. Очевидно, форма окружности предпочтительнее, так как она более технологична в изготовлении.

Заключение

Получено дифференциальное уравнение движения частиц минеральных удобрений по направителю распределителя сошника в зависимости от текущего угла между касательной к кривой направителя и его осью, которая совпадает с координатной осью *OY,* позволяющая определить оптимальную форму и параметры направителя сошника для внутрипочвенного разбросного внесения минеральных удобрений.

Список использованной литературы

1. Резников, Б.И. Обоснование параметров распределительного устройства к плоскорезным орудиям для внутрипочвенного внесения минеральных удобрений: автореф. … к.т.н.. 05.20.01 – М., 1985. − 16 с.

2. Патент 21964 РК. Сошник / Нукешев С.О. и др.; опубл. 15.12.2009, Бюл. № 12. – 4 с.: ил.

3. Nukeshev S., Kossatbekova D., Ramaniuk M., Sagitov A., Akhmetov E., Mamyrbayeva I., Tanbayev K., Tleumbetov K. Traction Force, Sowing Quality, and De-

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-