

ВПЛИВ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ТУКОПРОВОДА НА ШВИДКІСТЬ ПОТОКУ ГРАНУЛ ДОБРИВ

В.М. САЛО, доктор технічних наук, професор, В.А. ДЕЙКУН, викладач,

С.Я. ГОНЧАРОВА, кандидат фізико-математичних наук

Кіровоградський національний технічний університет

Наведено результати теоретичних досліджень впливу геометричних параметрів тукопроводу на характер руху часток добрив по ньому. Обґрунтовано раціональні параметри радіуса кривизни його нижньої частини, при яких забезпечується необхідна, максимально можлива швидкість їх польоту до розподільника.

Ключові слова: тукопровід, рух часток добрив, радіус кривизни, траєкторія руху

Досягнути високих урожаїв у рослинництві без відновлення вмісту поживних речовин у ґрунтах практично неможливо. Найсприятливішим і доступним шляхом вирішення цієї задачі залишається внесення мінеральних добрив і, особливо, внутрішньогрунтове. Але, за будь-яких умов, актуальним залишається питання їх рівномірного розподілу по площі. Цей показник залежить від ряду факторів, серед яких геометричні параметри тукопроводу заслуговують на особливу увагу [2, 4, 5]. З одного боку, його форма має бути такою, щоб мінімально впливати на потік добрив і забезпечувати їх максимальну швидкість на виході, а з другого, необхідно враховувати технологічні можливості виготовлення та можливість конструктивного поєднання з рештою елементів загортаючого робочого органу. Більшість технічних рішень зводиться до послідовного поєднання прямолінійних та криволінійних його ділянок. Найдоступнішим варіантом може бути той, в якому характер кривизни задається значенням радіусу.

Мета досліджень полягала у визначенні залежності швидкості потоку гранул мінеральних добрив від радіуса кривизни нижньої частини тукопроводу.

При цьому бажаною умовою є наближення до нуля вертикальної складової швидкості в момент виходу гранул з тукопроводу.

Виклад основного матеріалу. На підставі проведених попередніх досліджень приймаємо тукопровід, який складається з прямолінійної ділянки, що має нахил у вертикальній площині під кутом α та криволінійної з ділянки радіусом R (рис. 1) [3].

Розглянемо характер переміщення частки гранул по цьому тукопроводу.

Оптимальну траєкторію руху частки по тукопроводу можна наближено зобразити у вигляді двох ланок (рис. 1): перша – прямолінійна OA (відрізок), друга – криволінійна AB (частина кола). Така форма тукопроводу є доступною для технічної реалізації при розробці, а головне, виготовленні цього елемента конструкції робочого органу.

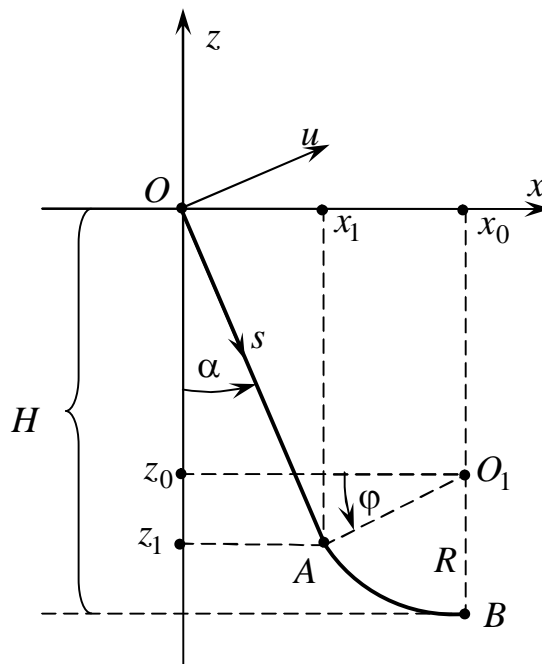


Рис. 1. Форма тукопроводу

Опишемо рух частки по траєкторії OAB . На прямолінійній ланці OA в проєкціях на осі Osu рух описується рівнянням (5, 6)

$$m\ddot{s} = mg \cos \alpha - fmg \sin \alpha - k\dot{s}$$

або

$$\ddot{s} + \frac{k}{m}\dot{s} = g(\cos \alpha - f \sin \alpha), \quad (1)$$

де k – коефіцієнт опору повітря, f – коефіцієнт тертя.

Рівняння (1) – лінійне неоднорідне диференціальне рівняння другого порядку. Його загальний розв’язок має вигляд

$$s = C_1 + C_2 e^{-\frac{k}{m}t} + \frac{gm}{k}(\cos \alpha - f \sin \alpha)t, \quad (2)$$

де сталі інтегрування C_1, C_2 мають задовольняти граничним умовам:

$$s(0) = 0, \dot{s}(0) = V_0. \quad (3)$$

З (2), (3) знаходимо сталі

$$C_1 = -C_2 = -\frac{m}{k} \left(g \frac{m}{k} (\cos \alpha - f \sin \alpha) - V_0 \right). \quad (4)$$

Підставивши (3) в (4) і враховуючи, що з визначення сили опору повітря слідує

$$\frac{k}{m} = \frac{g}{V_b},$$

отримаємо закон руху частки на прямолінійній ланці

$$s = -\frac{V_b^2}{g} \left(\cos \alpha - f \sin \alpha - \frac{V_0}{V_b} \right) \left(1 - e^{-\frac{g}{V_b}t} \right) + V_b (\cos \alpha - f \sin \alpha)t. \quad (5)$$

На криволінійній (круговій) ланці рух частки описується рівнянням

$$m \frac{d^2 s}{dt^2} = mg \cos \alpha(s) - f \cdot \left[mg \sin \alpha(s) + \frac{m}{R} \left(\frac{ds}{dt} \right)^2 \right] - k \frac{ds}{dt},$$

де R – радіус кривизни. Перейшовши в останньому рівняння до швидкості V , отримаємо

$$V \frac{dV}{ds} - g \frac{dy}{ds} + f \cdot \left(g \frac{dx}{ds} + \frac{V^2}{R} \right) + \frac{g}{V_b} V = 0 \quad (6)$$

Оскільки

$$V = R \frac{d\varphi}{dt} = R\dot{\varphi}, \quad \frac{dV}{dt} = R\ddot{\varphi}, \quad (7)$$

то замінивши $\dot{\varphi} = q$, отримаємо рівняння

$$q \frac{dq}{d\varphi} + fq^2 + \frac{g}{V_b} q = \frac{g}{R} (\cos \varphi - f \sin \varphi), \quad (8)$$

яке описує рух частки по круговій ланці тукопроводу. Розв'язок рівняння (8) повинен задовольняти граничним умовам

$$q(0) = \dot{\varphi}(0) = \frac{V_A}{R}, \quad \varphi(0) = \varphi_0 = \alpha, \quad (9)$$

де V_A – швидкість частки в кінці прямолінійної ланки.

Зауважимо, що при заданих значеннях параметрів R, H, α координати x_0, z_0, x_1, z_1 мають вигляд

$$x_0 = \frac{R + (H - R) \sin \alpha}{\cos \alpha}, \quad z_0 = R - H, \\ x_1 = [H - (1 - \sin \alpha)R] \operatorname{tg} \alpha, \quad z_1 = (1 - \sin \alpha)R - H. \quad (10)$$

Математичні моделі, які описують процес руху гранул по тукопроводу і визначають його траєкторію, здатну забезпечити досягнення максимальної швидкості гранул на виході V_{nad} , дозволяють проаналізувати залежність останньої від радіуса кривизни R нижньої частини тукопроводу та фізико-математичних властивостей добрив, представлених швидкістю витання гранул V_g . Так, з рівнянь (5), (6), (8) і співвідношень (7), (9), (10) за допомогою програмного забезпечення Mathcad-15 отримано такі графічні залежності, показані на рис. 2. Аналіз графічної інтерпретації цих залежностей свідчить про те, що всі криві, які характеризують процес за різних швидкостей витання V_g , мають екстремум, який припадає на діапазон значень радіуса в межах 0,03...0,05 м. Підтвердження достовірності цих значень потребує проведення експериментальних досліджень, але з певною імовірністю можна стверджувати, що обґрунтований діапазон є цілком доступним для його забезпечення в реальних виробничих умовах з урахуванням конструктивних параметрів лапового робочого органу.

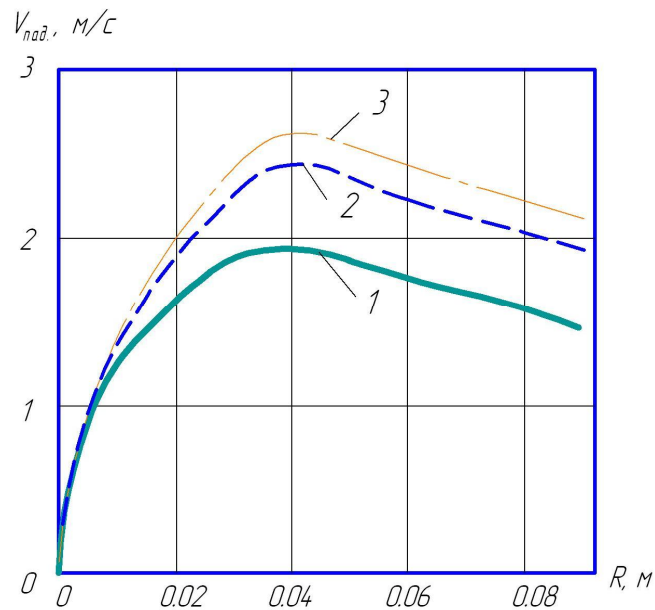


Рис. 2. Залежність швидкості польоту гранул добрив на виході з тукопроводу $V_{над}$ від радіуса кривизни його нижньої частини R для різних швидкостей витання 1 – $V_g=7$ м/с; 2 – $V_g=12$ м/с; 3 – $V_g=17$ м/с та інших фіксованих вихідних параметрах: $f=0,2$ – коефіцієнт тертя гранул об матеріал тукопроводу; $V_0=0,1$ – початкова швидкість входження гранул у тукопровід; $\alpha_m=5^\circ$ – кут нахилу прямолінійної ділянки тукопроводу до вертикальної площини; $H=0,5$ м – висота тукопроводу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бутенин Н.В. Курс теоретической механики / Н.В. Бутенин, Я.Л. Лунц, Д.Р. Меркин. Т.2. – М.: Наука, 1985. – 496 с.
2. Домрачев В.А. Исследование процесса распределения семян в подсошниковом пространстве / В.А. Домрачев, А.А. Кем, Е.М. Михальцов // Информационные технологии, информационные измерительные системы и приборы в исследовании сельскохозяйственных процессов. Ч. 1. Матер. регион. науч.-практ. конф. «АГРОИНФО'2000». (Новосибирск, 26-27 октября 200 г.). РАСХН. Сиб. отд-ние. – Новосибирск: РАСХН, 2000. – 338 с.
3. Ковбаса В.П. Визначення траєкторії руху частинки за заданого кінематичного режиму / В.П. Ковбаса, В.А Дейкун // Вісник Львівського національного аграрного університету: агро-інженерні дослідження. – Львів: Львівський НАУ. – 2008. – №12(2) – С. 539-551.
4. Перетяцько А.В. Теоретическое обоснование геометрических параметров

направителя-распределителя семян лапового сошника. / С.А. Ивженко, А.Л. Брежнев, А.В. Перетяцько // В кн. Актуальные проблемы сельскохозяйственной науки и образования. Сборник научных работ. – Самара: ФГОУ ВПО Самарская ГСХА, 2005. – С. 96–101.

5. Романюк Г.С. К обоснованию параметров распределительно-высевающего устройства / Г.С. Романюк // Совершенствование рабочих органов сельскохозяйственных машин: Сб. н. тр. УСХА. – К.: УСХА, 1988. –С. 48–53.

6. Эльсгольц Л.Э. Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление. / Л.Э. Эльсгольц – М.: Наука, 1969, 424 с.

Влияние конструктивных параметров тукопровода на скорость потока гранул удобрений

В.М. Сало, В.А., Дейкун, С.Я. Гончарова

Приведены результаты теоретических исследований влияния геометрических параметров тукопровода на характер движения частиц удобрений по нему. Обоснованы рациональные параметры радиуса кривизны его нижней части, при которых обеспечивается необходимая, максимально возможная, скорость их полета к распределителю.

Ключевые слова: тукопровод, движение частиц удобрений, радиус кривизны, траектория движения

Influence of structural parameters of fertilizer tube on flow velocity granules of fertilizers

V.M. Salo, V.A., Deykun, S.J. Goncharova

In the article granules summed theoretical researches of geometrical parameters of fertilizer delivery tube on character granules on him. Grounded rational parameters radius of curvature of him under body which is necessary to provide, maximally possible speed of their flight to the distributor.

Key words: fertilizer delivery tube, motion of parts of fertilizers, radius of curvature, trajectory of motion