

Список литературы

1. Авсиевич, А.В. Моделирование систем автоматического управления с дробным ПИД-регулятором [Текст] / А.В. Авсиевич, В.В. Авсиевич // Вестник Самарского государственного технического университета, сер. техническое науки. – 2010. – №1(26). – С. 6-59.
2. Бутковский, А.Г. Дробное интегро-дифференциальное исчисление и его приложения в теории управления. II. Дробные динамические системы: моделирование и аппаратная реализация [Текст] / А.Г. Бутковский, С.С. Постнов, Е.А. Постнова // Автоматика и телемеханика. – 2013. – № 5. – С. 3-34.
3. Васильев, В.В. Дробное исчисление и аппроксимационные методы в моделировании динамических систем. [Текст] / В.В. Васильев, Л.А. Симак // Научное издание – Киев, НАН Украины, 2008. – 256 с.
4. Нахушев, А.М. Дробное исчисление и его применение [Текст] / А.М. Нахушев // – М.: Физматлит, 2003. – 272 с.

Boris Goncharenko, Prof., PhD tech. sci., Olexsiy Lobok, Doctor of Phys&Math., Maryna Sych, post-graduate

National University of Food Technologies, Kiev, Ukraine

Larysa Vihrova, Prof., PhD tech. sci.

Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine

Mathematical Modeling of the Process of Biological Purification of Polluted Waters as an Object of Automatic Control

The assumptions made in the compilation of the mathematical model of the process are given and justified. The structural-parametric scheme of the technological process of biological treatment of polluted waters is presented and considered. A mathematical model is given in a differential form and explanations of its components are given. The input (control) and output (controlled) values of the model along the control action channel are selected. The expression of the mathematical model in vector form and the expression for the controlled quantity are given for further facilitating the solution. The linearization of the model is carried out and its linearized form is given. Expressions of discrete operators of the quality criterion for control of the cleaning process, fractional regulator and control system are given. The results of numerical simulation of the water treatment process control system based on the developed model are presented.

The degree of efficiency in the application of fractional regulators as part of the automatic control system based on classical mathematical model of the process and the reasons for the high sensitivity of optimality criterion and transients on the order of fractional derivatives and integrals require further research.

biological water purification, mathematical modeling, optimal control, numerical simulation, fractional regulator

Одержано 21.11.17

УДК 631.316.33

В.А. Дейкун, доц., канд. техн. наук, В.І. Носуленко, проф., д-р техн. наук, С.В.Боцюн, магістрант

Центральноукраїнський національний технічний університет, м.Кропивницький, Україна, E-mail: flora-84@mail.ru

Вплив параметрів туюконапрямника на швидкість потоку часток добрив

© В.А. Дейкун, В.І. Носуленко, С.В.Боцюн, 2017

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

туконапрявник, радіус кривизни, рух часток добрив, траєкторія польоту

В.А. Дейкун, доц. канд. техн. наук, І.І. Павленко, проф., д-р техн. наук, С.В. Боцюн, магістрант

Центральноукраїнський національний технічний університет, г. Кропивницький, Україна

Влияние параметров туконаправителя на скорость потока гранул удобрений

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

туконаправитель, радиус кривизны, движение частиц удобрений, траектория полета

Постановка проблеми. Вирощування високих врожаїв в рослинництві без відновлення вмісту поживних речовин в ґрунтах практично неможливо. Оптимально доступним шляхом вирішення даної задачі залишається внесення мінеральних добрив і особливо внутрішньогрунтове. Але, за будь яких умов, актуальним залишається питання їх рівномірного розподілу по площі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Даний показник залежить від ряду факторів, серед яких геометричні параметри туконапрявника, що заслуговує 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 іншого боку, 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. Найбільш доступним варіантом може бути той, в якому характер кривизни задається значенням радіусу.

Постановка цілей. Задача досліджень полягає у визначенні залежності швидкості потоку гранул мінеральних добрив від радіусу кривизни нижньої частини туконапрявника. При цьому бажаною умовою є наближення до нуля вертикальної складової швидкості в момент виходу матеріалу з туконапрявника.

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

Розглянемо характер переміщення частки гранул по даному туконапрявнику.

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

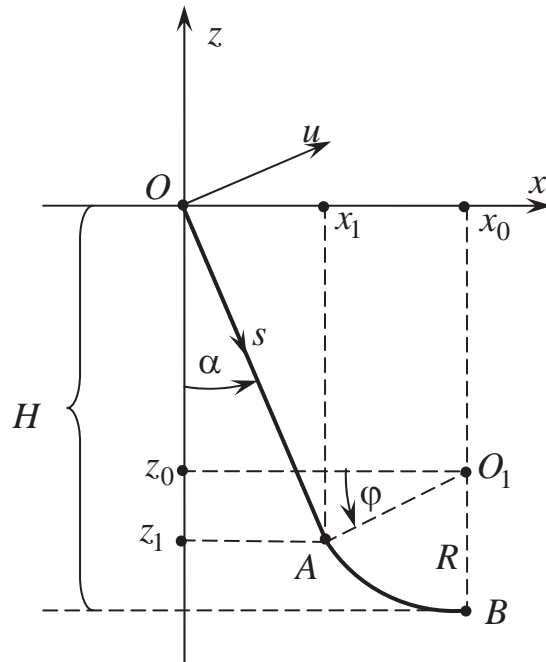


Рисунок 1 – Форма туконапрявника.

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

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

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

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

Так як

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

та зробивши заміну $\dot{\varphi} = q$, 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 туконяпрямника. Розв'язок рівняння (8) повинен задовольняти граничним умовам

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

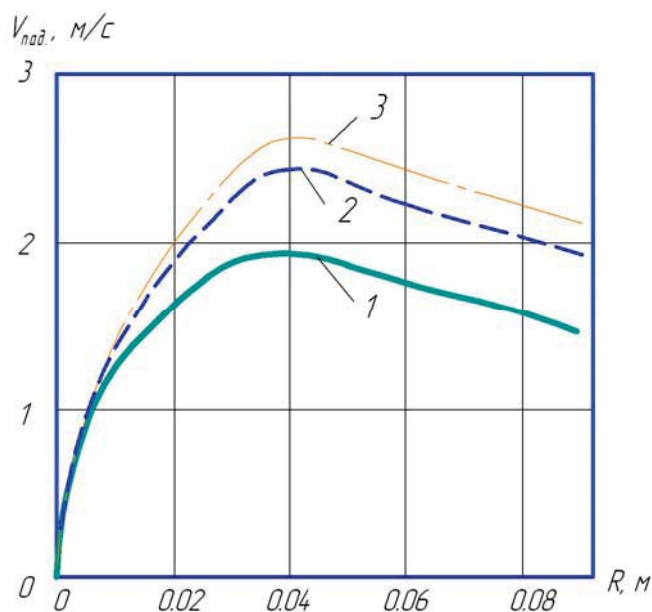
де V_A – швидкість частки в кінці прямолінійної ланки.

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 туконапрямнику і визначають його траєкторію, здатну забезпечити досягнення максимальної швидкості гранул на виході $V_{над}$ дозволяють проаналізувати залежність останньої від радіусу кривизни R нижньої частини туконапрямника та фізико-математичних властивостей добрив, представлених швидкістю витання гранул V_0 . Так з рівнянь (5), (6), (8) і співвідношень (7), (9), (10) за допомогою програмного забезпечення Mathcad-15 отримано наступні графічні залежності (рис. 2).



$f=0,2$ – коефіцієнт тертя гранул об матеріал туконапрямника; $V_0=0,1$ – початкова швидкість входження гранул у тукопровід; $\alpha_m=5^\circ$ – кут нахилу прямолінійної ділянки туконапрямника до вертикальної площини; $H=0,5$ м – висота туконапрямника

Рисунок 2 – Залежність швидкості польоту гранул добрив на виході з туконапрямника $V_{над}$ від радіуса кривизни його нижньої частини R для різних швидкостей витання 1 – $V_0=7$ м/с; 2 – $V_0=12$ м/с; 3 – $V_0=17$ м/с та інших фіксованих вихідних параметрах

Висновки. Провівши аналіз графічної інтерпретації даних залежностей можна зробити висновок про те, що всі криві, які характеризують процес при різних швидкостях витання V_0 мають екстремум, який приходить на діапазон значень радіуса в межах 0,03...0,05 м. Підтвердження достовірності даних 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 органа.

Список літератури

1. Бутенин, Н.В. Курс теоретической механики, Т.2 Динамика [Текст] / Н.В. Бутенин, Я.Л. Лунц, Д.Р.

- Меркин. – М.:Наука, 1985. – 496 с.
2. Дейкун, В. А. Анализ дальности полета частиц минеральных удобрений в подлаповом пространстве [Текст] / Дейкун В.А., Сало В.М., Гончаров В.В. // Motrol. Motorizacja i energetyka rolnictwa, Lublin, 2012, Tom 14 A. – P. 177-179.
 3. Дейкун, В. А. Визначення початкової швидкості руху часток добрив в місці їх виходу з туконапрямника [Текст] / В.А. Дейкун // Розвиток наукових досліджень Матеріали восьмої міжнародної науково-практичної конференції. – Полтава: «ІнтерГрафіка». – 2012. – С. 30-33.
 4. Дейкун, В. А. Вплив конструктивних параметрів тукопровода на швидкість потоку гранул добрив [Текст] / В. А. Дейкун, В. М. Сало, С. Я. Гончарова // Електронний збірник – К: Збірник праць НУБІП, 2012. – http://archive.nbu.gov.ua/e-journals/Nd/2012_7/12svm.pdf.
 5. Дейкун, В. А. Обґрунтування параметрів робочого органа для внутрішньогрунтового внесення мінеральних добрив [Текст] : дис. канд. техн. наук: спец. 05.05.11. «Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва» [Текст] / В. А. Дейкун. – Кіровоград, 2013.
 6. Домрачев В.А., Кем А.А., Михальцов Е.М. Исследование процесса распределения семян в подсошниковом пространстве // 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.). РАСИИ. Сиб. отд-ние. – Новосибирск, 2000. – 338 с.
 7. Ковбаса, В.П. Визначення траєкторії руху частинки за заданого кінематичного режиму [Текст] / Ковбаса В.П., Дейкун В.А. // Вісник Львівського національного аграрного університету: агроінженерні дослідження. – Львів: Львів. Нац. Аграр. Ун-т, 2008. – №12(2) – С.539-551.
 8. Ковбаса, В. П. Визначення умов розсіювання частинки мінеральних добрив у підлаповому просторі [Текст] / В.П. Ковбаса, В.А. Дейкун. // Вісник Львівського національного аграрного університету: агроінженерні дослідження. – Львів: Львів. нац. аграр. ун-т, 2008. – №12(2). – С. 180-188/
 9. Перетятко, А.В. Теоретическое обоснование геометрических параметров направляющего-распределителя семян лапового сошника [Текст] / С.А. Ивженко, А.Л. Брежнев, А.В. Перетятко // В кн. Актуальные проблемы сельскохозяйственной науки и образования. Сборник научных работ. – Самара: ФГОУ ВПО Самарская ГСХА, 2005. – С. 96-101.
 10. Романюк, Г.С. К обоснованию параметров распределительно-высевающего устройства [Текст] / Г.С. Романюк // Совершенствование рабочих органов сельскохозяйственных машин: Сб. н. тр. УСХА, 1988. – С. 48-53.
 11. Эльсгольц Л.Э. Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление [Текст] / Л.Э. Эльсгольц. – М.: Наука, 1969. – 424 с.

Viktor Deykun, Assoc. Prof., PhD tech. sci., Ivan Nosulenko, Prof., DSc., S. Bozun, magister
Central Ukrainian national Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine

Influence of Structural Parameters of Fertilizer Delivery Tube is on a Flowrate Granules of Fertilizers

The research objective is to determine the dependence of the flow velocity of mineral fertilizer granules on the radius of curvature of the lower part of the fertilizer guide.

In the article the resulted results of theoretical researches of influence of geometrical parameters of tuкопроводу are on character of motion of parts of fertilizers on him. Grounded rational parameters of radius of curvature of him underbody which the necessary is provided at, maximally possible speed of their flight to the distributor.

Having analyzed the graphical interpretation of these dependencies it is possible to conclude that all the curves that characterize the process at different velocities of the flow V_e have an extremum that falls within the range of radius values within the range of 0.03 ... 0.05 m.

fertilizer delivery tube, radius of curvature, motion of parts of fertilizers, trajectory of motion

Одержано 23.11.17