

УДК 629.114.2

СХЕМА РОЗПУШУВАЧА ҐРУНТУ МАШИНИ ДЛЯ ГАСІННЯ ЛІСОВИХ ПОЖЕЖ СПОСОБОМ ҐРУНТОМЕТАННЯ

Семків О.М., к.т.н.

Національний університет цивільного захисту України (м. Харків),

Адашевська І.Ю., к.т.н.

Національний технічний університет «ХПІ» (м. Харків)

Розглянуто схему розпушувача ґрунту машини для гасіння лісових пожеж способом ґрунтометання, який не протидіятиме руху машини, а також реагуватиме на включення в ґрунті.

Ключові слова: розпушувач ґрунту, рівняння Лагранжа другого роду, пружний елемент, коефіцієнт жорсткості.

Постановка проблеми. Для гасіння лісових або степових пожеж доцільно застосовувати спеціальні ґрунтометальні машини, здатні спрямувати потоки зрізаного ґрунту в зону вогнища, що найбільш дієво за умови відсутності води [1]. До складу ґрунтометальної машини обов'язково має входити пристрій для зрізання та розпушування ґрунту, від ефективності дії якого залежить продуктивність всього механізму в цілому. Будова розпушувача має задовольняти певним вимогам. А саме: зменшувати енергозатрати у процесі пересування ґрунтометальної машини, та «оминати» можливі включення в ґрунті (камені, коріння тощо). Ці вимоги виходять із того, що розпушувач має безпосередній контакт із ґрунтом. Наведене вказує на необхідність розробки схеми ефективного розпушувача із зазначеними властивостями.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Близькими за технологією розпушування ґрунту є культиватори сільськогосподарських машин. Пружність стійки культиватора забезпечується наявністю пружини або металевої стрічки (лапи) [2]. Це дозволяє стійці реагувати на включення в ґрунті, а також використовувати пружний елемент цього робочого органа як накопичувача енергії під час обробки пластів ґрунту [2,3]. Але принцип роботи сільськогосподарських культиваторів полягає у протидії напрямку руху пересування машини, що суттєво збільшує її енергозатрати. Тому не доцільно на дію розпушувача переносити технологію культивації. Огляд літературних джерел показав відсутність прийнятних схем дії розпушувача ґрунту механізму

грунтометання, який би не заважав пересуванню машини і реагував би на включення в ґрунті каміння, коріння тощо.

Формулювання цілей статті. Розробити схему розпушувача ґрунту механізму грунтометання для гасіння лісових пожеж, який би не протидіяв руху пересування машини, а також реагував би на небажані включення в ґрунті.

Основна частина. Запропонована схема розпушувача ґрунту механізму грунтометання складається з двох частин – дуги металевої лапи з пружиною і лямбда-механізму Чебишева. При цьому дуга закріплена на одному з кінців елемента лямбда-механізму (рис. 1).

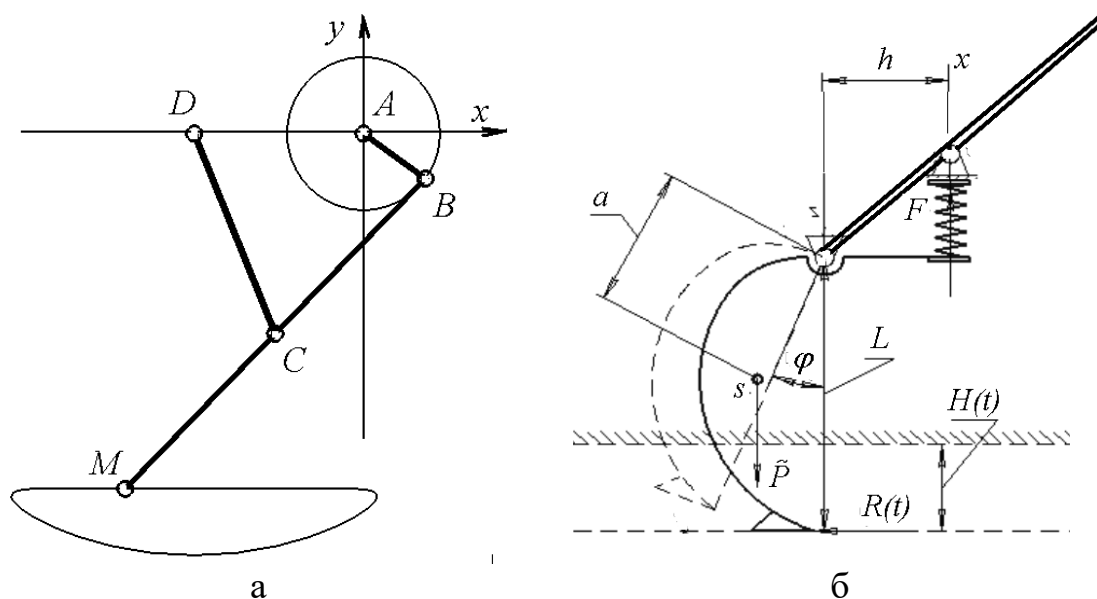


Рис. 1. Схема розпушувача ґрунту зі складовими:
а) лямбда-механізм Чебишева;
б) дуга металевої лапи з пружиною

Розміри елементів лямбда-механізму Чебишева $AD = 2,215 r$; $DC = CM = DC = 2,823 r$ обираються залежно від радіуса $AB = r$, який обертається за годинниковою стрілкою. У точці М закріплено дугу металевої лапи з пружиною, яка є робочим органом схеми розпушувача ґрунту. Тобто металева лапа з пружиною рухається по кінематичній кривій, яку окреслює точка М. Для опису дії дуги металевої лапи з пружиною далі будемо використовувати локальну систему координат. Також вважатимемо, що система має два ступені свободи. За узагальнені координати приймемо кут обертання лапи відносно точки M_1 , а також деформацію пружини вздовж осі Ox .

На рис. 1,б зображено підпружинену стійку розпушувача, де головними будуть параметри: V – швидкість руху грунтометальної машини, φ – кут повороту металевої лапи, S – центр мас металевої лапи, P – маса металевої лапи, $F = \text{abs}(cx)$ – сила пружності пружини,

де c – коефіцієнт жорсткості пружини, x – її деформація. Інші параметри пояснені нижче.

Обрана схема розпушувача ґрунту (рис. 1) на практиці дозволить реалізувати механізм, який не протидіятиме переміщенню машини, як культиватори, а навпаки, своїми «покроковими» рухами сприятиме її пересуванню. Це дозволить зменшити потужність двигуна, і, як наслідок, зменшити споживання пального.

Для опису динаміки металевої лапи з пружиною використаємо систему диференціальних рівнянь з роботи [2]:

$$m \left(\frac{d^2}{dt^2} u(t) \right) - m a \left(\frac{d^2}{dt^2} v(t) \right) \cos(v(t)) + m a \left(\frac{d}{dt} v(t) \right)^2 \sin(v(t)) = 0 \quad (1)$$

$$J_z \left(\frac{d^2}{dt^2} v(t) \right) - m a \left(\frac{d^2}{dt^2} u(t) \right) \cos(v(t)) + m g a \sin(v(t)) + c v(t) h^2 = A \sin(\omega t)$$

Тут використано такі позначення: $u(t)$ – величина кута повороту металевої лапи в момент часу t ; $v(t)$ – величина деформації пружини; a – відстань від осі до центра ваги металевої лапи у ненавантаженому стані; h – відстань від осі кріплення металевої лапи до осі пружини; c – коефіцієнт жорсткості пружини; m – маса стійки металевої лапи; J_z – момент інерції профілю металевої лапи; A – амплітуда дії вимушеної сили; ω – частота дії вимушеної сили; a – відстань від осі до центра ваги металевої лапи; h – відстань від осі конструкції до осі пружини; $g = 9,81$.

Розв'язувати систему (1) будемо чисельно за допомогою методу Рунге-Кутти з початковими умовами: $u_0 = 0$; $u'_0 = 0$; $v_0 = 0,3$. Для порівняння оберемо значення параметрів із роботи [2] (усі в умовних одиницях): $m = 16,5$; $c = 151$; $a = 0,4$; $h = 0,18$; $J_z = 2,723$; $A = 3$.

Крім того, пружний елемент повинен настроюватись так, щоб власна частота системи дорівнювала частоті сили збурення, тобто $\omega = k = 28,95$, де k – колова частота коливання металевої лапи:

$$k = \sqrt{\frac{mga + ch^2}{J_z - ma^2}} \quad (2)$$

Тоді оптимальна жорсткість пружного елемента, дія якого сприяє зниженню несучої здатності ґрунту в горизонтальному напрямі, а отже, і горизонтальної складової тягового опору, можна

визначити [2, 3] за формулою $c = \frac{k^2 (J_z - ma^2) - mga}{h^2} \approx 151$.

Припустимо, що нам не відомо значення необхідної частоти ω дії вимушеної сили для забезпечення технологічних рухів елементів схеми розпушувача (насправді у нашому випадку за формулою (2) це

можна обчислити і ми матимемо $w = 28,95$). Покажемо, що для порівняння необхідне значення w можна отримати за допомогою нового методу – проєкційного фокусування. Для цього необхідно чисельно розв’язати систему рівнянь (1) та побудувати наближене зображення інтегральної кривої у фазовому просторі $\{u, Du, t\}$. Зображення складатиметься із множини відрізків, що з’єднують послідовні точки, одержані в результаті наближеного розв’язання системи рівнянь. Це уяочення залежатиме від певного значення «керуючого» параметра w . При випадкових значеннях w у фазовому просторі $\{u, Du, t\}$ утвориться «плутана» інтегральна крива, проєкція якої на фазову площину $\{u, Du\}$ також буде «плутаною» фазовою траєкторією (рис. 2, а), що призведе до нетехнологічних рухів елементів розпушувача.

У разі зміни значень «управляючого» параметра w має змінюватися і характер фазової траєкторії. При критичному значенні $w = 28,95$ вона зміниться на якісному рівні – перетвориться у «сфокусовану» криву (рис. 2, б). Тобто на фазовій площині $\{u, Du\}$ спостерігатиметься ніби оптичний ефект «наведення на різкість» плутанини фазових траєкторій (відбудеться проєкційне фокусування [4, 5]).

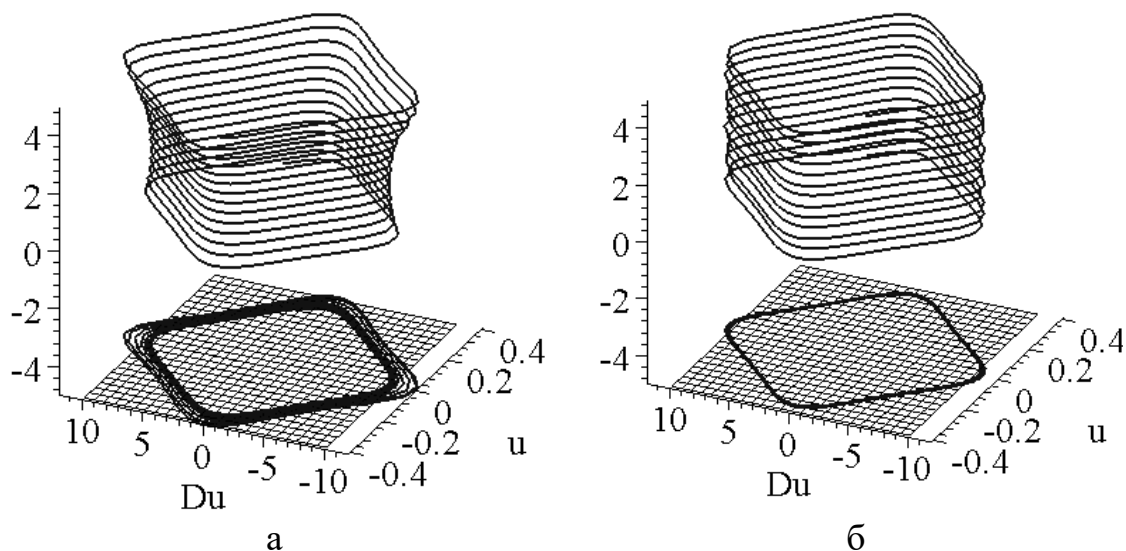


Рис. 2. Інтегральні криві і фазові траєкторії для:
а) випадкового значення w ; б) обчисленого значення $w = 28,95$

Урахування значення $w = 28,95$ у процесі розв’язання системи рівнянь (1) дозволить наближено обчислити у часі кут $u(t)$ і подовження пружини $v(t)$, які забезпечать технологічні взаємопов’язані рухи елементів схеми розпушувача.

Висновки. Наведена схема проєкційного фокусування дозволяє оцінити величину значення частоти w вимушеної сили, яка діє на металеву лапу розпушувача ґрунту. Це значення погоджується з

теоретичним, обчисленим за формулою (2).

Література

1. Коломинова М.В. Машины й механізми для боротьби з лісовими пожежами: метод. вказівки / М.В. Коломинова // УГТУ. – Ухта, 2008. – 43 с.
2. Кузнецов Н.Г. Математическая модель генерации автоколебаний рабочего органа культиватора / Н.Г. Кузнецов, Д.С. Гапич, Е.А.Назаров // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса/ НВАУК. – Волгоград, 2011. – Вып. № 4. – С.1–6.
3. Назаров Е.А. Оптимизация упругих связей культиваторного МТА с трактором класса 5: автореф. на соискание ученой степени канд.техн.наук: спец. 05.20.01 / Е.А.Назаров. – Волгоград, 2010. – 20 с.
4. Семків О.М. Метод визначання особливих траєкторій коливань вантажу 2d-пружинного маятника / О.М. Семків // Вісник ХНАДУ/ ХНАДУ. – Харків, 2015. – № 71. – С. 36-44.
5. Семків О.М. Особенности геометрической формы колебаний груза 2d-пружинного маятника / О.М. Семків // VII Международная конференция по научному развитию Евразии.– Вена, 2015.– С. 214-217.

СХЕМА РАЗРЫХЛИТЕЛЯ ГРУНТА МАШИНЫ ДЛЯ ТУШЕНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ СПОСОБОМ ГРУНТОМЕТАНИЯ

Семків О.М., Адашевская И.Ю.

Рассмотрена схема разрыхлителя грунта машины для тушения лесных пожаров способом грунтометания, который не будет противодействовать движению машины, а также позволит реагировать на различные включения в почве.

Ключевые слова: разрыхлитель грунта, уравнение Лагранжа второго рода, упругий элемент, коэффициент жесткости.

SCHEME OF RIPPER MACHINE FOR FOREST FIRE EXTINGUISHING IN THE WAY OF SOIL TOSSING

O. Semkiv, I. Adashevskaya

The scheme of ripper machine for forest fire extinguishing in the way of soil tossing that will not counteract the movement of the machine, and will respond to the various inclusions in the soil is studied..

Keywords: ripper, Lagrange equation of the second kind, the elastic member, stiffness coefficient.