

СТАЛІСТЬ РУХУ МАШИН ДЛЯ ПЕРЕДПОСІВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

Коломієць С. М., к.т.н., доцент,
Вершков О.О., к.т.н., доцент
Таврійський державний агротехнологічний університет
м. Мелітополь, Україна
Тел.(0619) 42-24-36
e-mail: ksm_63@mail.ru

Анотація. В статті наведені залежності, що дозволять враховувати критерій сталості руху ґрунтообробних машин для передпосівного обробітку ґрунту, при обґрунтуванні їх параметрів, з метою підвищення сталості їхнього руху, а, у кінцевому підсумку, ефективності їх роботи.

Ключові слова: ґрунтообробна машина, передпосівний обробіток ґрунту, критерій сталості руху, механічна система, реакція ґрунту, диференціальне рівняння руху.

Постановка проблеми. Важливу роль у підготовці ґрунту до сівби відіграє передпосівний обробіток ґрунту. Чизельні і польові культиватори, а також фрезерні культиватори і культиватори-розпушники, що випускаються промисловістю, не відповідають сучасним вимогам за якістю обробітку, енергоємністю і надійністю робочих органів. Виникає проблема створення нових ґрунтообробних машин для передпосівного обробітку ґрунту та удосконалення існуючих, які б відповідали агротехнічним вимогам [1, 2, 3].

Аналіз агротехнічних вимог показує, що при оцінці ефективності ґрунтообробних машин для передпосівного обробітку ґрунту найбільш важливішою якістю машинно-тракторного агрегату є сталість його руху. Оскільки операція передпосівного обробітку ґрунту проводиться у малі агротехнічні терміни, то підвищення продуктивності досягають збільшенням робочих швидкостей руху агрегатів або використанням широкозахватних ґрунтообробних машин.

При цьому, гостро постає проблема забезпечення запасу сталості руху, оскільки, особливо при збільшенні швидкостей руху, зростає рівень випадкових збурюючих впливів, які ведуть до розхитування агрегату, що призводить до значних поперечних відхилень траєкторії робочих органів, збільшення психофізіологічних та фізичних навантажень на тракториста, погіршення агротехнічних та енергетичних показників [4].

Тому, для розв'язку цієї проблеми, а саме, підвищення продуктивності агрегатів для передпосівного обробітку ґрунту, поліпшення якості обробітку, зменшення енергетичних витрат при їхньому використанні, вже на стадії конструкторської розробки шляхом підбору оптимальних параметрів виконується робота по забезпеченню сільськогосподарської машини необхідним ступенем сталості, який відповідав би агротехнічним вимогам.

Аналіз останніх досліджень. Дослідженню умов сталості руху ґрунтообробної техніки присвячено багато праць вчених.

Основні наукові розробки з теорії сталості руху сільськогосподарських машин належать академікам А.М. Ляпунову, В.П. Горячкіну. Подальший розвиток теорія сталості руху одержала у роботах Г.Н. Синєокова, А.Б. Лур'є, І.І. Артоболовського, П.М. Василенка, Л.В. Гячева, М.Д. Лучинського, А.І. Тимофєєва і інших дослідників.

Ступінь сталості руху сільськогосподарського агрегату у наявних дослідженнях розглядається як найважливіша експлуатаційна якість, що полягає в спроможності ланок агрегату протистояти дії зовнішніх збурюючих чинників, оскільки сталість руху агрегату у горизонтальній площині безпосередньо зв'язана з цілим рядом експлуатаційних показників, що визначають, в остаточному підсумку, якість, матеріальні витрати і трудомісткість виконання технологічних операцій [4].

Проведений огляд розробок з теорії руху сільськогосподарських машин і агрегатів показує, що теорія сталості руху ґрунтообробної техніки для передпосівного обробітку ґрунту потребує подальшого вивчення і розробки.

Ціль дослідження. Ціллю роботи є отримання залежностей для враховування критерія сталості руху

грунтообробних машин для передпосівного обробітку ґрунту при обґрунтуванні їх параметрів.

Основна частина. Аналіз сталості руху при розробці ґрунтообробної машини проводиться наступним чином.

На першому етапі треба прийняти рішення про доцільність включення в механічну систему, що розглядається, трактора. При позитивному рішенні цього питання у подальшому розглядається сталість руху машинно-тракторного агрегату, при негативному – сталість руху машини окремо від трактора.

Найбільш повний огляд досліджень зі сталості руху сільськогосподарських машин показав, що на практиці використовуються обидва методи аналізу [5]. Однак, включення трактора у механічну систему значно ускладнює дослідження. Так, при розгляданні сталості руху агрегату з навісним ротаційним плугом запропоновано математичну модель, що описана п'ятьма видами руху трактора та двома видами руху плуга і містить в собі, відповідно, сім диференціальних рівнянь другого порядку за числом узагальнених координат [6]; шляхом перетворень система приводиться до машинного виду і розв'язується на ЕОМ. Враховуючи прикладний характер задач, що розглядаються, обмежимося розгляданням сталості руху машини окремо від трактора.

Дана робота присвячена питанню вибору критеріїв сталості руху ґрунтообробних машин для передпосівного обробітку ґрунту, з метою використання їх у подальшому вже на стадії конструкторської розробки машин.

Розгляд сталості руху причіпного культиватора у горизонтальній площині доцільно проводити з врахуванням критерію сталості λ , запропонованого Л.В. Гячевим [7].

Виходячи з припущення, що причіпна машина – фізичний маятник, ним запропоновано диференціальне рівняння відносного руху машини при прямолінійному переміщенні осі причепа т. О (рис. 1)

$$\ddot{\varphi} + \frac{Rd^2}{I_0 \cdot V_n} \cdot \dot{\varphi} + \frac{Rd}{I_0} \cdot \varphi = 0, \quad (1)$$

де φ – кут відхилення подовжньої осі машини від лінії

дії вектора V_n швидкості точки причепа;

R – рівнодіюча сил опору робочих органів;

d – відстань між точкою причепа і центром опору;

I_0 – момент інерції причіпної машини відносно осі причепа.

Л.В. Гячев показав, що за своєю структурою приведені рівняння (1) аналогічні рівнянню руху матеріальної точки під дією відновлювальної сили у опірному середовищі. При наявності сили R цей рух завжди сталий за Ляпуновим.

Критерій сталості λ визначається за формулою

$$\lambda = \frac{Rd^3}{4I_0 \cdot V_n^2}. \quad (2)$$

Аналіз сталості руху машин з приводними ротаційними робочими органами необхідно проводити у площині прикладення динамічного навантаження, тобто у площині обертання робочих органів. Проведемо оцінку сталості руху в горизонтальній площині вертикально-роторних машин, виконаних за відомими схемами.

При відрізанні ґрунтової стружки вертикально-роторними робочими органами в горизонтальній площині виникає опір P , врівноважений реакцією R на робочому органі. Розкладаємо опір ґрунту P за напрямками координатних осей X і Y , отримуємо горизонтальну складову тягового опору P_x і бічну складову P_y . Бічна складова P_y намагається змістити вісь обертання ротора, порушуючи сталість руху.

Для поліпшення сталості руху у поперечно-горизонтальній площині ряд авторів рекомендують забезпечувати вертикально-роторні машини парною кількістю роторів, надаючи роторам кожної пари протилежне обертання [8]. Отже, машина (рис. 2, г), що включає три ротори, не забезпечує сталості руху.

Цей же недолік має машина (рис.3, а), що включає три ротори, розташовані з подовжнім зміщенням. Слід відмітити, що схема машини, згідно якої парна кількість роторів

установлена в один ряд під кутом до напрямку руху (рис. 2, б), також не відповідає вимогам сталості. Це пояснюється тим, що пара роторів, які мають протилежний напрям обертання і установлені з подовжнім зміщенням X відносно точки причепа π (дійсної або фіктивної), створює при роботі пару сил, момент якої $P_y X$ намагається розвернути машину в бік, протилежний напрямку обертання ротора, найбільш віддалений від точки π . Величина результуючого моменту M_π машини, виконаної за схемою (рис. 2, б), складає

$$M_\pi = n_p \cdot P_y \cdot X, \quad (3)$$

де n_p – кількість роторів одного напрямку обертання.

Цей же недолік має також схема машини, надана на рис. 2, в. Слід відмітити, що виконані у даному випадку аналіз силової дії ґрунтообробної машини на трактор і оцінка сталості руху агрегату за умовами статичної рівноваги отримали широке розповсюдження як у дослідженнях машин з пасивними робочими органами [9], так і ротаційних машин [10].

Це пояснюється відносною простотою даного методу, у порівнянні з застосуванням рівнянь Лагранжа, достатньою надійністю отримуваних результатів.

Таким чином, у якості основного критерія сталості руху вертикально-роторної машини у поперечно-горизонтальній площині можна прийняти наступні умови:

$\sum M_\pi = 0$, тобто рівність нулю результуючого моменту опору відносно вертикальної осі, що проходить через точку причепа π машини;

$\sum P_y = 0$, тобто рівність нулю результуючої бічної складової опору ґрунту.

Найбільш повно цим умовам відповідає схема (рис. 2, е), згідно якої ротори розташовані у один ряд перпендикулярно до напрямку руху, причому обертання сусідніх роторів у ряді спрямовано у протилежні боки.

До переваг схеми (рис. 2, е) слід віднести також її компактність і простоту виконання привода роторів. Однак, машини з фронтальним розташуванням вертикальних роторів

схильні до бічних коливань.

Секційні фрезерні культиватори, що призначені для смугового передпосівного обробітку ґрунту, мають ротори, які закріплені на підпружинених хомутиках (рис. 3).

При русі секційного фрезерного культиватора поперек оранки рельєф поля описується рівнянням

$$h' = h_0 \cdot \sin \frac{2\pi x}{\ell'}, \quad (4)$$

де ℓ' – крок нерівностей;

x – шлях, пройдений культиватором за час t .

Сталість руху секції фрезерного культиватора оцінюють у подовжньо-вертикальній площині. На секцію діють наступні сили:

- сила інерції

$$F_i = I_0 \cdot \ddot{\phi},$$

де I_0 – момент інерції секції відносно осі трансмісійного вала (т. 0);

- сила опору пружини

$$P = P_0 + c\delta,$$

де P_0 – початковий натяг пружини;

c – жорсткість пружини;

δ – деформація пружини;

- висота нерівностей, h' ;

- реакція ґрунту, R ;

- сила важкості, mg .

Рівняння (5) використовують при обґрунтуванні місця установки пружини і її жорсткості.

Висновки. Отримані залежності дозволяють при обґрунтуванні параметрів машин для передпосівного обробітку ґрунту враховувати критерій сталості їхнього руху.

ЛІТЕРАТУРА

1 Підходи до ґрунтоощадного землеробства
//Пропозиція.- 2005.- №2.- С. 54-56.

2 Погорілий Л.В. Сучасні проблеми землеробської механіки і машинознавства при створенні сільськогосподарської техніки нового покоління / Л.В. Погорілий // Техніка АПК.- 2003.- № 11.- С. 4-7.

3 Гуков Я.С. Обробіток ґрунту. Технологія і техніка / Я.С. Гуков.- К.: Нора-Прінт.- 1999.- 280 с.

4 Коломієць С.М. Методи аналізу сталості руху ґрунтообробних машин / С.М. Коломієць // Праці Таврійської державної агротехнічної академії: Наукове фахове видання.- Вип. 1.- Мелітополь, 2000.- т. 14.- С. 71-74.

5 Гячев Л.В. Устойчивость движения сельскохозяйственных машин и агрегатов / Л.В. Гячев.- М.: Машиностроение, 1981.- 206 с.

6 Панов И.М. Снижение энергоемкости ротационного плуга / И.М. Панов, С.М. Петров // Механизация и электрификация социалистического с.-х.- 1971. - № 2.- С.20-22.

7 Гячев Л.В. Динамика машинно-тракторных и автомобильных агрегатов / Л.В. Гячев.-Ростов-н/Д: Изд-во Ростовского университета, 1976.- С. 39-50.

8 Бычков В.В. Экспериментально-теоретическое обоснование параметров вертикально-роторных рабочих органов для обработки тяжелых почв: автореф.дис.на здобуття наук.ступеня канд.техн. наук / В.В. Бычков.- М., 1982.- 20 с.

9 Синеоков Г.Н. Теория и расчет почвообрабатывающих машин / Г.Н. Синеоков, И.М. Панов.- М.: Машиностроение, 1977.- 328 с.

10 Мелихов В.В. Размещение ножей на валу барабана ротационных почвообрабатывающих машин / В.В. Мелихов // Тракторы и сельхозмашины.- 1974.- № 5.- С.17.

BIBLIOGRAPHY

1 Approaches to runtooschadnoho agriculture // offer.- 2005.- №2.- P. 54-56.

2 Pogorily L.V. Modern Problems of Agricultural Mechanics and Machine in creating a nev generation of agriculturalmashinery / L.V. Pogorily // Technology APK.- 2003.- №11.- P. 4-7.

3 Gukov J.S. The cultivation of the soil. Technology and engineering / J.S. Gukov.- K.: Nora-Print.- 1999.- 280 p. (in Ukrainian).

4 Kolomiyets S.M. Methods of analysis of the sustainability movement tillage machines / S.M. Kolomiyets // Proceedings Taurian State Agro-Technical Academy: Scientific specialized vydannya., Vol. 1.- Melitopol, 2000.- t. 14.- P. 71-74.

5 Gyachev L.V. Stability of movement of agricultural machines and aggregates / L.V. Gyachev.- M.: Mechanical Engineering, 1981.- 206 p.

6 Panov I.M. Reducing the energy intensity of the rotary plow / I.M. Panov, S.M. Petrov // Mechanization and electrification of the socialist s.-h.- 1971.- № 2.- P. 20-22.

7 Gyachev L.V. Dynamics of machine-tractor and automobile units / L.V. Gyachev.-Rostov-n / D: Publishing house of the Rostov University, 1976.- P. 39-50.

8 Bychkov V.V. Experimental-theoretical justification of the parameters of vertically-rotor robot organs for the treatment of heavy soils: author's abstract of the thesis of sciences.step of Cand.Tech. Sciences / V.V. Bychkov.- M., 1982.- 20 p.

9 Sineokov G.N. Theory and calculation of soil-cultivating machines / G.N. Sineokov, I.M. Panov.-M.: Mechanical Engineering, 1977.- 328 p.

10 Melikhov V.V. Placement of knives on the drum shaft of rotary tillers / V.V. Melikhov // Tractors and agricultural machinery.- 1974.- № 5.- P.17.

STABILITY OF MOTION OF MACHINES FOR PRESEED TREATMENT OF SOIL

S. Kolomiyets, O. Vershkov

Summary

Dependences which allow to take into account the criterion of stability of motion of pochvoobrabatyvayushikh machines for preseed treatment of soil are resulted in the article, at the ground of their parameters, with the purpose of increase of stability of their motion, and, in final analysis, to efficiency of their work.

Key words: tillage Machine, pre-cultivation, the criterion of sustainability movement, mechanical system, the reaction of the soil, the differential equations of motion.