

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРУЖНОГО КРІПЛЕННЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ДИСКАТОРА

О. Гапоненко,
УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого

Проведено імітаційні дослідження пружного кріплення робочих органів дискаторів за попередньо отриманими залежностями. Оцінено вплив жорсткості та зведеної маси системи «пружна ланка — сферичний диск». Конструкційне рішення може бути реалізоване в об'єкті досліджень для проведення польових експериментів.

Ключові слова: пружні відхилення, сферичний диск, жорсткість, зведена маса.

Актуальність проблеми. В математичних моделях процесу взаємодії робочого органу з ґрунтом застосовуються спрощення, що не дозволяють в повній мірі описати динамічні ефекти. Припущення про абсолютну жорсткість кріплення та рівномірну поступальну швидкість робочого органу не підтверджуються експериментальними дослідженнями [1].

Підхід до моделювання процесу взаємодії робочого органу з ґрунтом з урахуванням пружних зміщень не знайшов повного відображення для сферично-дискових робочих органів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Періодичність фаз деформації і руйнування ґрунтового пласта викликає коливання пружної ланки кріплення робочого органу. Формалізована схема процесу встановлює структурні взаємозв'язки між якісними показниками роботи та параметрами пружної ланки [2]. Розроблена нелінійна динамічна модель руху пружного кріплення [3] розкриває взаємозв'язки у вигляді математичних залежностей, що дозволяють обґрунтувати конструкційні параметри.

Мета досліджень — розвиток теоретичних міркувань з метою виявлення найбільш раціональних технічних рішень пружної ланки для їх подальшої реалізації в об'єкті дослідження.

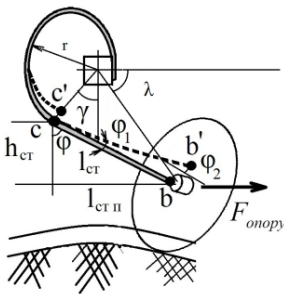
Викладення основного матеріалу. Пружне кріплення чинить значний вплив на якісні та енергетичні показники ґрунтообробних агрегатів. Для дотримання вихідних вимог на агрегати пружна кінематика повинна враховуватися з огляду на головні умови: кінематичний режим пружних зміщень в діапазоні робочих навантажень, повинен наближатися до $d\delta = 0$; необхідно витримувати середньоквадратичне значення відхилень глибини обробітку в межах агродопуску (1,5 см).

У першому наближенні для визначення меж варіювання конструкційних параметрів пружного кріплення для сферичного диска використано інтеграл Мора [4].

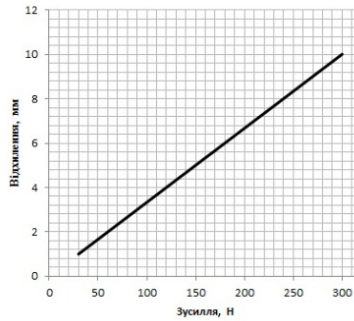
Значення пружних відхилень стояка у вертикальній площині (рис. 1) визначаємо з рівності:

$$\delta_{cy} = 2,355 \frac{F_{y \text{ опоры}} \cdot r^3}{E \cdot I} + h_{cm} \cdot \sin \left(\arctg \left(2,355 \frac{F_{y \text{ опоры}} \cdot h_{cm} \cdot r^3}{E \cdot I \cdot l_{cm}^2} \right) + \frac{F_{y \text{ опоры}} \cdot h_{cm} \cdot l_{cm}}{E \cdot I} \right), \quad (1)$$

де E – модуль пружності 1-ого роду (для сталі $E = 2 \cdot 10^5 \frac{H}{мм^2}$); I – момент інерції перерізу стояка; $F_{y \text{ опоры}}$ – реактивна сила опору ґрунту ($F_{y \text{ опоры}} = \frac{F_{y \text{ опоры}} \cdot h_{cm}}{l_{cm}}$); h_{cm}, l_{cm}, r – конструкційні параметри пружної ланки (рис. 1, а).



а



б

Рисунок 1 – Розрахункова схема пружної ланки (а), залежність відхилень від зовнішнього зусилля (б)

Залежність відхилень від прикладеного зусилля (1) показано графічно на рисунку 1, б. Геометричні розміри для розрахунку наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Вихідні дані для розрахунку відхилень пружної ланки

Показник	Значення
Площа поперечного перерізу стояка, $S, мм^2$	1080
Радіус закруглення стояка, $r, мм$	290
Момент інерції стояка, $I, мм^4$	729 000
Модуль пружності, $E, Н/мм^2$	$2 \cdot 10^5$
Довжина прямої ділянки, $мм$	400
Кут нахилу прямої ділянки, $град.$	50
Ширина поперечного перерізу стояка, $b, мм$	12
Висота поперечного перерізу стояка, $h, мм$	90

З конструкційними параметрами ланки, наведеними в таблиці 1, забезпечується жорсткість 30 Н/мм, як мінімально можлива, виходячи з якісних обмежень. Зміна жорсткості, при збільшенні розмірів ланки, спрямована в безкінечність (асимптотично наближається до абсолютно жорсткого кріплення). Обмежуватися використанням лінійної рівності (1) недоцільно, оскільки в робочому режимі пружна ланка для сферичного диска виконує коливальний рух в системі відліку, що нерухомо пов'язана з рамою агрегату. Таке коливання не є гармонічним, оскільки процес нелінійний [2].

На ділянці кріплення пружної ланки до бруса рами діє максимальний згинальний момент. Для забезпечення необхідної міцності кріплення сферично-дискового робочого органу до рами агрегату запропоновано конструкційне рішення [4]. Стояк ґрунтообробного робочого органа дискової борони (дискатора), має складну просторово вигнуту форму, яка забезпечує встановлення різального диска щонайменше з одним кутом атаки та кутом нахилу у вертикально повздожній площині та виконана з пружинної сталі, яка відрізняється тим, що стояк має змінний поперечний переріз по довжині і може змінюватися як за лінійним, так і за нелінійним законом.

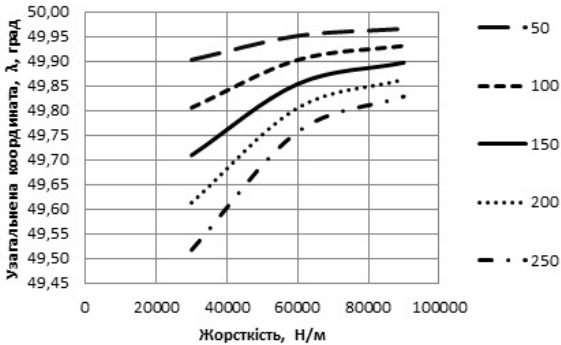
Отримано нелінійну рівність, що описує закон руху системи «пружна ланка – сферичний диск» під час процесу обробітку ґрунту [3]:

$$\lambda = \mu_0 + 2 \cdot \arcsin(k \cdot \sin C_0(t - t_0)), \quad (2)$$

де λ – узагальнена координата (кут відхилення ланки); C_0 – параметр, що залежить від лінійних розмірів та розподілу мас системи; μ_0 – амплітуда коливань ($k = \sin \frac{\mu_0}{2}$).

Дослідження пружного кріплення робочих органів дискатора за рівністю (2) виконано з використанням комп'ютерних програм. Фактор зовнішньої дії представлений у вигляді середнього значення сили реактивного опору ґрунту $F_{опору}$. Оцінювання відхилень пружного кріплення виконано по узагальнюючій координаті λ , кут між горизонтальною площиною та прямою, проведено між точками кріплення пружної ланки. Відповідно до схеми (рис. 1, а) збільшення відхилення стояка слід розуміти як зменшення узагальненої координати λ .

Пружна ланка з меншою жорсткістю має найбільшу піддатливість до зовнішньої дії (рис. 2), зростання опору збільшує відхилення (зменшення λ). Збільшення жорсткості робить стояк менш піддатливим до опору. Більшу інтенсивність до зниження піддатливості ланка виявляє за більшої величини опору.



Зведена маса, $m=\text{const}$, 350 Н

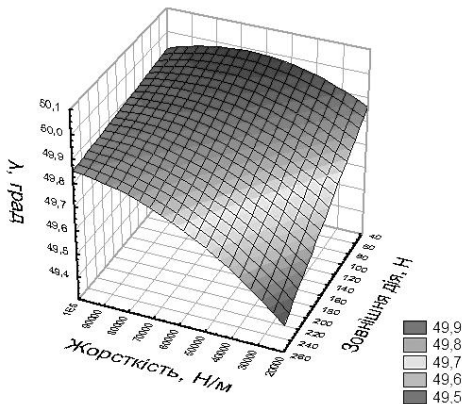


Рисунок 2 – Залежність відхилення пружної ланки від жорсткості та зовнішньої дії (опору)

Зведена маса системи «пружна ланка - сферичний диск» в більшій мірі залежить від розмірів робочого органу (діаметра диска) та конструкції підшипникового вузла. Прийемо зміну зведеної маси відповідною до діаметра сферичного диска, а інші конструкційні параметри постійні. Зміна розподілу мас, як і параметри стояка, впливає на величину пружних відхилень (рис. 3).

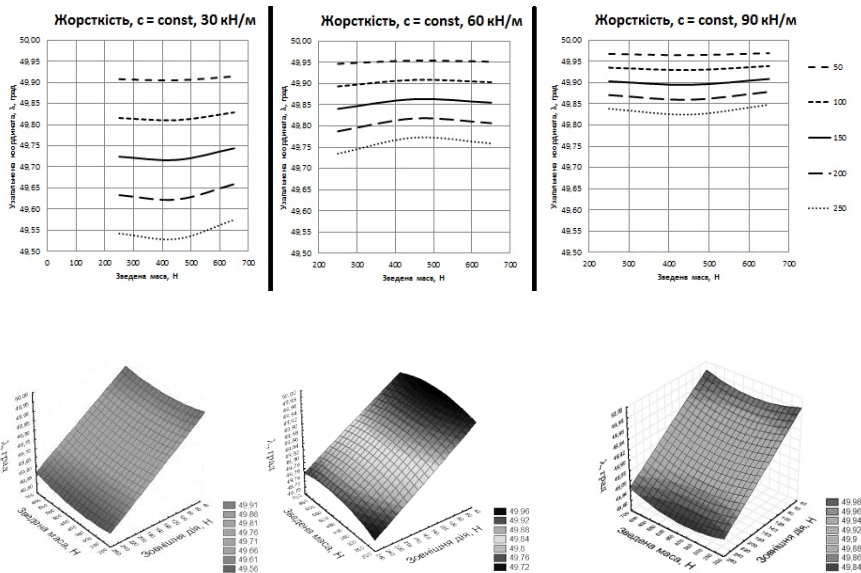


Рисунок 3 – Залежності зміни відхилення пружної ланки від зведеної маси системи та зовнішньої дії у трьох варіантах жорсткості

Зведена маса системи неоднозначно впливає на пружні відхилення, оптимум залежностей виходить в максимум при $c = 30$ кН/м, а за жорсткості 60 кН/м змінюється мінімумом. За подальшого зростання жорсткості ($c = 90$ кН/м), в частині значення зведеної маси 450 Н, залежність відхилень показує максимуму. Межі варіювання в жорсткій системі звужуються.

Приведені залежності (рис. 2, 3) дозволяють виконати імітаційні експерименти взаємодії пружно закріпленого робочого органу дискатора з ґрунтом, на основі яких, з урахуванням емпіричних характеристик (даних про зовнішню дію) можна зробити вибір конструкційних параметрів.

Висновки. Аналіз підтверджує можливість експериментального дослідження пружної ланки зміною зведеної маси системи, що за величиною пружних відхилень еквівалентна варіюванню параметрів стояка. Неоднозначність впливу на пружні відхилення зведеної маса системи розкриває мету наступного етапу досліджень – уточнення оптимумів значень зведеної маси та конструкційних параметрів системи.

Визначено, що використання пружного елемента в кріпленні сферичного диска з жорсткістю більше 30 кН/м (та геометрією з табл. 1) дозволяє з достатнім ступенем точності витримувати агротехнічні вимоги та допуски. Конструкційне рішення може бути реалізоване в об'єкті досліджень для проведення польових експериментів.

Література

1. Игнатенко И. В. Экспериментальные исследования динамики работы упругой подвески рабочих органов культиваторов / И. В. Игнатенко, С. В. Левицкий // Комплексная механизация и автоматизация сельскохозяйственного производства. – Ростов н/Д, 1979. – с. 141-149.
2. Гапоненко А. К формализации процесса взаимодействия сферического диска с почвой // An international journal on operation of farm and agri-food industry machinery / MOTROL Commission of motorization and energetics in agriculture – Lublin – Rzeszow. — 2012. – с. 45 – 49.
3. Гапоненко О. І. Теоретичне обґрунтування параметрів пружних стійок для сферичних дисків // Механізація та електрифікація сільського господарства: Міжвідомчий тематичний науковий збірник / ННЦ «ІМЕСГ» — Глеваха, 2013. — Вип. 100, т. 1. — с. 187 – 192.
4. Феодосьев В. И. Сопротивление материалов / В. И. Феодосьев — М.: Наука, 1972. – с. 176.
5. Пат. України на корисну модель № 71281. Стійка ґрунтообробного робочого органа дискової борони (дискатора) / [Кравчук В.І., Гапоненко О.І.] № u2011 15136; Заявл. 21.12.2011; Опубл. 10.07.2012, Бюл. № 13.

Аннотация

Проведены имитационные исследования упругого крепления рабочих органов дискаторов по зависимостям полученным ранее. Дана оценка влияния жёсткости и приведенной массы системы «упругая стойка – сферический диск». Конструкционные решения будут реализованы в объекте исследования при проведении полевых экспериментов.

Summary

A simulation study of the disk header elastic mounting according to previously obtained dependencies is made. The influence assessment of rigidity and total mass on the system of "elastic rack - spherical disk" is given. Engineering solutions can be implemented in the object of research in field experiments.