

УДК 631.313

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ДИСКАТОРА З ПРУЖНИМИ СТОЯКАМИ

О.І. Гапоненко, асп. — *УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого*

Наведено методику та результати експериментальних досліджень у реальних умовах дискатора з пружними стояками. Дослідження проведені моделюванням зміни конструкційних параметрів з використанням зосереджених мас на робочому органі. Довантаження змінює характер відгуку пружного стояка на процес взаємодії з ґрунтовим середовищем і знижує його опір до руйнування на 7 %.

Ключові слова: *пружинний стояк, зведена маса, довантаження, узагальнююча координата, швидкість руху.*

Постановка проблеми. Підтримання високого рівня врожайності та підвищення якості сільськогосподарської продукції має забезпечуватися при основних потребах ресурсозбереження, зниження рівня техногенного та антропогенного впливу на навколишнє середовище. Новітні техніко-технологічні напрацювання визначають перспективні завдання технічної модернізації альтернативних машин.

У конструкції ґрунтообробних знарядь новий якісний результат забезпечується встановленням робочих органів на пружних стояках. Однакові робочі органи, за умови різного типу кріплення, жорсткого чи пружного, мають різні енергетичні показники та механіку взаємодії із шаром ґрунту. Вирішення науково-практичної задачі обґрунтування параметрів пружних стояків для дискаторів потребувало проведення експериментальних досліджень показників якості виконання технологічного процесу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Обґрунтуванням особливостей наукового підходу до розрахунку конструкційних параметрів пружних стояків визначено, що найбільш впливовими є моменти сил реактивного опору переміщення диска в ґрунті, сил ваги та сил пружності стояка [1–3]. Теоретичними дослідженнями визначено межі зміни жорсткості пружного

стояка та зведеної маси системи «пружний стояк — робочий орган», за яких забезпечується дотримання вихідних вимог на дискатор [4]. Було висунуто гіпотезу, згідно з якою підвищення ефективності роботи дискових ґрунтообробних агрегатів можна забезпечити введенням в їх конструкцію пружних стояків, параметри яких обґрунтовано якісними показниками роботи [3].

Мета роботи. Проведення перевірки та підтвердження результатів теоретичних досліджень пружних стояків для сферично-дискових робочих органів у польових умовах та аналіз результатів виконаних експериментів.

Вклад основного матеріалу. Рух сферичного диска в системі відліку, що жорстко пов'язана з рамою агрегату і переміщується поступально разом з ним, являє собою просторове коливання навколо положення динамічної рівноваги (рис. 1, а).

Відповідно до схеми (рис. 1, а), збільшення відхилення стояка слід розуміти як зменшення узагальненої координати λ .

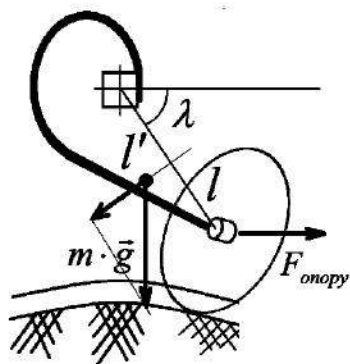
Закон руху системи «пружний стояк — робочий орган» під час процесу обробітку ґрунту представлено залежністю [2]:

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

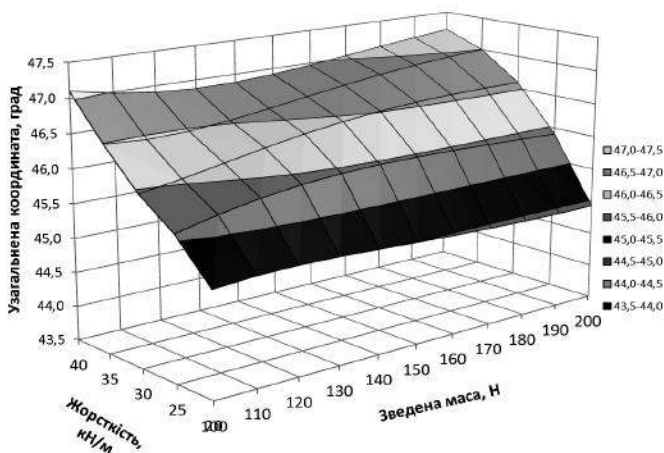
де λ — узагальнена координата (кут відхилення ланки); C_0 — параметр, що залежить від лінійних розмірів та розподілу мас системи; μ_0 — амплітуда коливань ($k = \sin \frac{\mu_0}{2}$).

Розрахунки виконані за розробленою залежністю у вигляді поверхні відгуку (рис. 1, б) показують, що збільшення зведеної маси системи змінює її чутливість до зовнішньої дії, вираженої реактивною силою опору ґрунту. За жорсткості пружного стояка 20 кН/м узагальнююча координата змінюється на 2,2 % до значення 150 Н зведеної маси (подальше збільшення майже не впливає на λ), за жорсткості 30 кН/м до 200 Н на 1 % та нестабільна (± 1 %) в межах зміни зведеної маси від 100 до 300 Н за жорсткості 40 кН/м.

Дослідження впливу конструкційних параметрів пружних стояків (технічна характеристика табл.) на якісні показники роботи дискатора, проводилися в польових умовах з використанням серійного дискового агрегату ДЛ-2,5 (рис. 2) [5].



а



б

Рис. 1. Розрахункова схема динамічної моделі (а), зміна узагальненої координати λ від величини зведеної маси та жорсткості пружного стояка (б): l — зведена довжина стояка; λ — узагальнююча координата; $F_{опору}$ — реактивна сила опору переміщення диска; l' — відстань до центру ваги системи по зведеній довжині

Таблиця. Технічна характеристика дослідного зразка пружного стояка

Показник	Значення
Площа поперечного перерізу стояка, S , мм ²	1260
Ширина поперечного перерізу стояка, b , мм	90
Висота поперечного перерізу стояка, h , мм	14
Зведена довжина, l , мм	450
Узагальнююча координата у вільному стані, λ , град	50
Зведена маса з серійним робочим органом, Н	197



Рис. 2. Зовнішній вигляд агрегату ґрунтообробного з пружними стояками, що досліджувалися

Постійно змінні умови технологічного процесу обробки ґрунту спричиняють зміну величини тягового опору, тому було прийнято вимірювати силу пружності, що здійснювалося способами тензометрування з безпосереднім розміщенням тензорезисторів на поверхні пружного стояка. Тарування тен-

зорезисторів проводилося статичним навантаженням за величиною пружних відхилень та сили пружності. Датчики з'єднувалися за схемою «повний міст» і підключалися до входу програмно-апаратного комплексу Spider-8 з програмним забезпеченням CatMan 4.5. Комплекс здійснював «опитування» датчиків з частотою 250 Гц, аналогово-цифрове перетворення сигналів та формування цифрового масиву у форматі *.xls під час проведення досліджень.

Основу методики експериментальних досліджень агротехнічних показників розроблено з врахуванням нормативного документа [6]. Якісні показники виконання технологічного процесу робочим органом на пружному стояку визначалися спостереженням за пружними відхиленнями, що пропорційні діючому зусиллю з боку ґрунтового середовища. Середньоквадратичне відхилення узагальнюючої координати $\lambda_{СКВ}$ (за залежністю) не повинно перевищувати допустимих значень $\lambda_{ДОП}$, відповідно на величину пружних відхилень накладається умова:

$$\lambda_{СКВ} \leq \lambda_{ДОП} = \arcsin\left(\frac{l \cdot \sin \lambda \pm \Delta}{l}\right), \quad (2)$$

де Δ — агротехнічний допуск рівномірності ходу робочого органу по глибині (для дискових знарядь середньоквадратичне відхилення від встановленої — 15 мм).

Обмеження для досліджуваного пружного стояка $\lambda_{ДОП} = 2,65$ град (при $\lambda \approx 45$ град).

Моделювання зміни конструкційних параметрів пружних стояків проводилося додаванням зосередженої маси (30 Н) до кріплення робочого органу з підшипниковим вузлом, цим було усунуто необхідність виготовлення та монтажу різних за конструкційними параметрами стояків, що значно знизило трудомісткість та вартість досліджень. Під час досліджень дискатор агрегувався з трактором тягового класу 1,4. Технологічний процес виконувався на режимах, що встановлювалися зміною передаточного числа коробки перемикання передач енергозасобу.

Умови, що спостерігалися під час досліджень: твердість ґрунту середня по горизонтах $\approx 0,6$ МПа, вологість ґрунту по відповідних горизонтах складала $\approx 17\%$,

що відповідає умовам північної природно-кліматичної зони України. Тип ґрунту — чорнозем глибокий середньосуглинковий малогумусний.

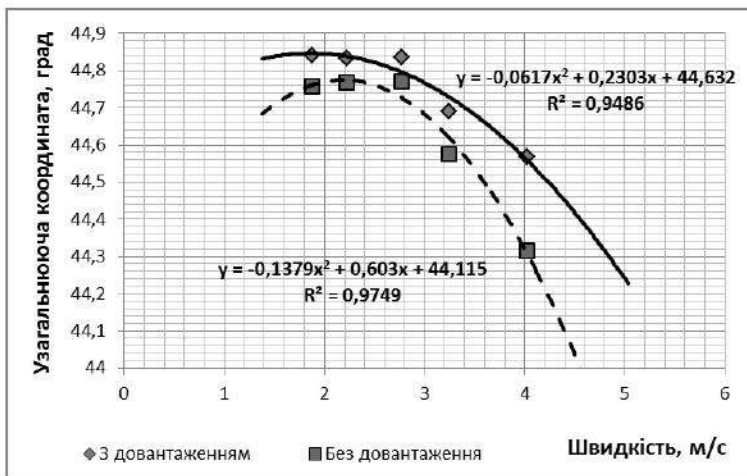
Для обробітку експериментальних даних було застосовано методики математичного планування та статистики.

Узагальнюючи опрацьовані результати досліджень, за різних режимів руху агрегату, побудовано графічні залежності статистичних характеристик процесу — середнього та середньоквадратичного відхилення ($\lambda_{СКВ}$) значень узагальнюючої координати, що виражає реакцію пружного стояка на взаємодію з ґрунтовим середовищем (рис. 3). Отримані залежності показують, що середнє значення узагальнюючої координати при довантаженні на робочому органі змінює характер відгуку пружного стояка на процес взаємодії з ґрунтовим середовищем, без довантаження збільшення середнього значення складо 7 %, з довантаженням — 1,25 % (рис. 3, а). За підвищення поступальної швидкості агрегату різниця між варіантами довантаження стає більш вагомю від 0,5 % при 1,88 м/с до 7,2 % при 4 м/с.

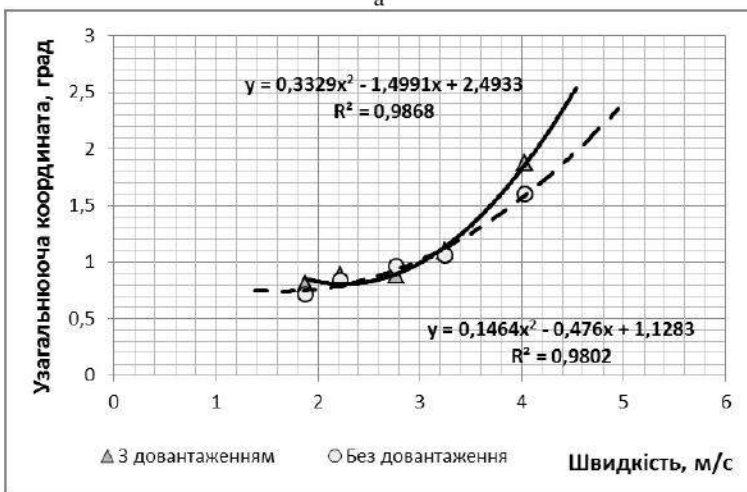
Причина такої реакції системи — зростання $\lambda_{СКВ}$ (рис. 3, б), що відповідає більшій віброактивності на робочому органі, яка з довантаженням зростає в 4 рази (без довантаження в 3 рази). Збереження тенденції порушить якісні показники виконання технологічного процесу дисковим агрегатом. Вібраційні процеси робочого органу на пружному стояку впливають на ґрунтове середовище і знижують його опір до руйнування [7], але обмежують можливість підвищення продуктивності агрегату — раціональні швидкісні режими до 4,4 м/с.

В результаті проведених експериментальних досліджень підтверджено закон руху системи «пружний стояк — робочий орган», відхилення експериментальних даних від теоретичних становить 0,4-0,6 град і знаходяться в межах довірчого інтервалу.

Висновки. З наведених результатів видно, що швидкість руху агрегату слабо впливає на значення середньої величини коливань пружного стояка (від 1 до 7 %), але істотно збільшує показник середнього квадратичного відхилення (в три-чотири рази). Збільшення інтенсивності коливань при довантаженні зменшує енерговитрати на виконання технологічного процесу на 7 %.



а



б

Рис.3. Залежність характеристик узагальнюючої координати від зміни поступальної швидкості агрегату:

а — показники середнього значення;

б — показники середньоквадратичного відхилення ($\lambda_{СКВ}$)

Використаний метод визначення якісних показників виконання технологічного процесу диска тором (способом спостереження за пружними відхиленнями), ефективний на полях з рівнинною та хвилястою поверхнею. Має меншу трудомісткість ніж спосіб визначення шляхом заглиблення щупа, чи спеціального приладу (глибиноміра) та методи профілювання.

Таким чином, раціональними параметрами пружних стояків дискатора для виконання якісних показників технологічного процесу є жорсткість стояка 20 кН/м, зведена маса \approx 210 Н та режим руху агрегату до 4,4 м/с. При цьому енерговитрати при роботі з довантаженням на робочому органі менші на 7 %.

Бібліографія

1. Гапоненко А. И. Исследование упругих стоек дисковых борон: Материалы Международной научно-технической конференции «Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве (10-11 октября 2012 г.). — Минск: 2012. — Т.1. — С. 158–161.
2. Гапоненко О. І. Теоретичне обґрунтування параметрів пружних стійок для сферичних дисків // Механізація та електрифікація сільського господарства: Міжв. темат. наук. зб. — Глеваха: ННЦ «ІМЕСГ», 2013. — Вип. № 100. — Т. 1. — С. 187–192.
3. Гапоненко А. К формализации процесса взаимодействия сферического диска с почвой // An international journal on operation of farm and agri-food industry machinery / MOTROL Commissione of motorization and energetics in agriculture. — Lublin: Rzeszow, 2012. — С. 45–49.
4. Гапоненко О. І. Дослідження пружного кріплення робочих органів дискатора / О. І. Гапоненко // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: зб. наук. праць УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. — 2013. — Вип. № 14 (28). — книга 1. — С. 191–195.
5. *Протокол державних приймальних випробувань № 01-38-09 (1021609).* — Агрегат ґрунтообробний ДЛ-2,5.

6. *Випробування сільськогосподарської техніки*. Машина і знаряддя для обробітку ґрунту. Методи випробувань: СОУ 74.3-37-155:2004 / Мінагрополітики України. — Офіц. вид. — К.: Мінагрополітики України, 2006. — 96 с.
7. *Рябцев А. Г.* Обоснование механико-технологических параметров упругого рабочего органа глубокорыхлителя: дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук: спец. 05.20.01 «Механизация сельскохозяйственного производства» / Рябцев Александр Иванович; Украинский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства (УНИИМЭСХ). — Глеваха, 1992.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ІССЛЕДОВАВАННЯ ДИСКТОРА С УПРУГИМИ СТОЙКАМИ

Приведены методика и результаты экспериментальных исследований дискатора с упругими стойками в реальных условиях. Исследования проведены моделированием изменения конструкционных параметров с использованием сосредоточенных масс на рабочем органе. Догрузка меняет отклик упругой стойки на процесс взаимодействия с почвенной средой и снижает ее сопротивление разрушению на 7 %.

Ключевые слова: упругая стойка, приведенная масса, догрузка, обобщенная координата, скорость движения.

EXPERIMENTAL STUDIES DISK HARROW WITH ELASTIC LEGS

The method and results of experimental studies harrow with elastic legs in real conditions. Investigations were carried out simulating the changing structural parameters using the concentrated mass on work body. Additional loading leg elastic response changes on the process of interaction with the soil environment and reduces its fracture resistance by 7 %.

Key words: elastic leg; reduced mass; reloaded; generalized coordinate; speed.