

УДК 631.372.022.4  
© 2017

**І.Ю. БРИЖАТИЙ,**  
аспірант

Дніпропетровський державний  
аграрно-економічний університет,  
Україна  
E-mail: ivan19@list.ru  
вул. С. Єфремова, 25, м. Дніпро

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ  
ДОСЛІДЖЕННЯ  
РОБОТИ СФЕРИЧНОГО ДИСКА  
НА ПРУЖНОМУ СТОЯКУ

*Наведено результати польових досліджень сферичного диска на пружному стояку щодо перевірки низки робочих гіпотез про механізми збудження коливань та раціональне спрямування сумарного вектора їх дії. Робоча гіпотеза полягає в тому, що коливання в системі пружний стояк–диск виникають за рахунок періодичної зміни тягового опору. У загальному виді тяговий опір має дві складові – постійну і змінну. Номінальна постійно діюча складова формується за умови стабільності вихідних параметрів (механіко-технологічних властивостей) ґрунту. Змінна виникає в разі випадкової або циклічної зміни цих параметрів і умовно поділена нами на два види: варіаційна складова – така, що носить циклічний характер і підпорядковується певному закону розподілу, та випадкова імпульсна складова. Обґрунтовано раціональний напрямок дії результуючої сили – її вектор повинен лежати в площині обертання леза диска.*

*Ключові слова:* дискатор, пружний стояк, віброударна дія, сферичний диск, площа обертання, складові опору, резонанс.

**Постановка проблеми.** Серед ґрунтообробних машин, в основу яких закладені дискові робочі органи, дискатор належить до найбільш перспективних моделей. Основні переваги дискаторів обумовлені обертанням диска довкола осі кріплення та можливістю зміни кутів постановки до напрямку руху і вертикалі. Утворення пружним стояком режиму віброударної дії інтенсифікує процеси кришення і розпушування, сприяє зменшенню тягового опору і запобігає налипанню ґрунту. Але існують дві проблеми, які потребують розв'язання. По-перше, можливе попадання системи в зону резонансу і, по-друге, за певних умов напрямок коливань може бути спрямований нерационально, тобто диск сприймає реакцію ґрунту боковою поверхнею, що призводить до збільшення тягового опору. Тому конструктивно необхідно забезпечити раціональні параметри системи диск–стояк.

**Аналіз досліджень за темою.** Аналітичні дослідження робочих органів дискового типу та машин на їх основі являють собою досить складну задачу [5]. Складність зумовлена тим, що з ґрунтом взаємодіє поверхня, яка не може розглядатись як така, що утворена переміщенням у просторі прямолінійної твірної [7]. До того ж, ця поверхня обертається. Як наслідок, традиційні підходи, наприклад, прийняті при розрахунках полиці тракторного плуга, застосувати неможливо. Ось чому дослідники намагаються створити власні методики, які дозволили б з певним рівнем достовірності проаналізувати процеси, що відбуваються під час взаємодії диска з ґрунтом.

Вагомий внесок в обґрунтування параметрів ґрунтообробних агрегатів, у тому числі й вібраційної дії, внесли В.В. Булгаков [1, 6], М.О. Свірень [1] та ін. Суттєвий об'єм експериментальних досліджень виконаний

А.М. Семенютою [9], С.Г. Мударісовим [8], О.І. Гапоненко [3, 4] та ін.

**Мета нашої роботи** полягала в обґрунтуванні раціональних параметрів стояка з точки зору створення раціонального режиму коливань диска.

**Результати дослідження та їх обговорення.** Робоча гіпотеза зводиться до того, що коливання в системі пружний стояк–диск виникають за рахунок періодичної зміни складових тягового опору. У загальному виді тяговий опір має дві складові – постійну і змінну. Номінальна постійно діюча складова формується за умови стабільності вихідних параметрів (механіко-технологічних властивостей ґрунту – агрофону). Змінна виникає в разі випадкової або циклічної зміни цих параметрів і умовно поділена нами на два види: варіаційна складова – така, що носить циклічний характер і підпорядковується певному закону розподілу, і випадкова імпульсна складова.

Дію згаданих складових можна з'ясувати графічно (рис. 1).

Номінальна постійно діюча сила (рис.1,а) компенсується початковим номінальним прогином стояка, що утворює в ньому ви-

хідний напружений стан. Варіаційна складова (рис.1,б) утворена циклічною зміною вихідних параметрів оброблюваного середовища, з яким взаємодіє диск. Її характерна особливість – поступове зростання і таке саме поступове зменшення, що компенсується такою самою циклічною зміною величини прогину. Отже, утворюється вібраційна складова робочого процесу диска [2].

Випадкова імпульсна складова утворюється в результаті різкого зростання сили опору і такого ж різкого її зменшення. Стояк компенсує додаткове навантаження збільшенням прогину. Потім, після припинення дії цієї сили, енергія стиснення вивільнюється і примусово повертає конструкцію до початкового стану. Відміна від попередньої моделі полягає в тому, що діаграма навантаження–розвантаження носить зубчастий характер (рис.1,в), що характерно для ударної дії. Отже, система диск–пружний стояк відповідає ознакам конструкції віброударної дії.

Диск встановлений під кутами до вертикалі і напрямку руху на пружному стояку (рис. 2).

Як показує аналіз, до стояка будуть доведені вертикальна, повздовжня і поперечна сили реакції, які повинні бути їм компенсовані. Тому стояк можна розглядати як суму ділянок, що сприймають відповідні діючі сили. (рис. 2,а2). Визначальним фактором для кожної ділянки є величина прогину  $\Delta l$ . У промислових умовах стояк раціонально виготовляти з єдиного профілю, тобто всі ділянки будуть мати однаковий момент інерції. Отже,

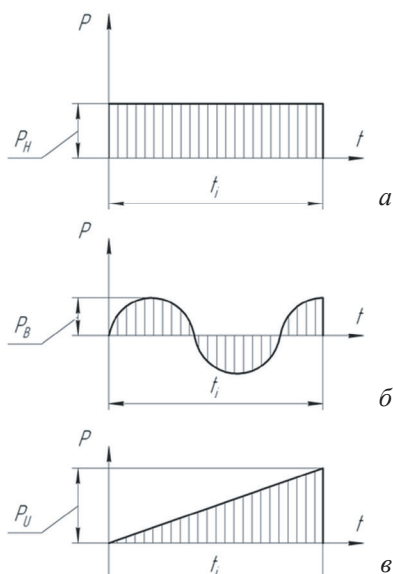


Рис. 1. Епюри діючих сил:

$P_H$  – номінальна постійно діюча сила;  
 $P_B$  – варіаційна складова;  $P_U$  – випадкова імпульсна складова;  $t$  – час дії

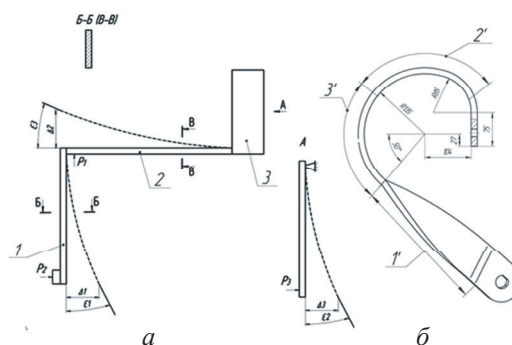
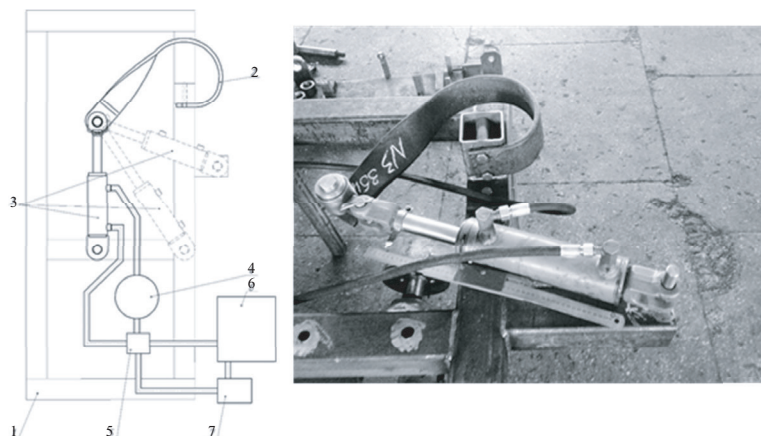


Рис. 2. Розрахункова схема пружного стояка



**Рис. 3. Стенд для визначення величини і напрямку прогину стояка залежно від доведеного навантаження:**

1 – рама; 2 – досліджуваний стояк; 3 – гідроциліндр;  
4 – манометр; 5 – гідробак; 6 – клапан; 7 – розподільник

прогин можна регулювати тільки довжиною ділянок  $L$ . Але особливість виконуваних нами досліджень полягала в необхідності експериментального підбору пружності ділянок, тому пружність корегували шляхом фрезерування торців тіла стояка. Адже прогин ділянок необхідно було експериментально підібрати в такий спосіб, щоб коливання диска відбувалися в необхідній площині, положення якої необхідно було змінювати.

Для визначення величини і напрямку прогину був розроблений спеціальний стенд (рис. 3).

Технологічний процес дослідження параметрів пружного стояка складається з певних операцій. Насос через гідророзподільник 7 подає робочу рідину до гідроциліндра 3, шток якого доводить зусилля на досліджуваний стояк 2, завдяки чому він деформується. Ступінь деформації заміряється ходом поршня гідроциліндра. Тиск у гідросистемі фіксується манометром 4. Напрямок діючої сили визначається положенням гідроциліндра по закінченні експерименту.

У ході польових досліджень стояк з диском навішували на тензометричний візок (рис. 4), який у свою чергу розміщували на начіпці трактора МТЗ-80. Опорними колеса-

ми встановлювали глибину ходу. У процесі роботи заміряли значення тягового опору залежно від напрямку збуджуваних коливань.

Роботи проводили на дослідній ділянці ДП “Гуляйпільський механічний завод” ПАТ “Мотор-Січ” з використанням обладнання підприємства. Результати досліджень представлені в таблиці. Оскільки тяговий опір залежить від швидкості поступового руху і питомого сцеплення часток ґрунту, то для повномасштабного експерименту потрібна



**Рис. 4. Польова установка для дослідження ґрунтообробних робочих органів**

**Залежність тягового опору диска від напрямку збуджених коливань**

Показник	Нахил площі коливань відносно площі обертання диска, град		
	-5	0	+5
Діапазон заміряних значень тягового опору, кН	0,78–0,95	0,64–0,71	0,88–1,03

була значна кількість стояків різної пружності. Тому наш експеримент виконаний для найбільш імовірних значень:  $V_p = 15,3$  км/год (заміряне значення) і  $C_{шт} = 2,1$  кН/м<sup>2</sup>.

Параметри досліджуваної конструкції: діаметр диска  $D = 450$  мм; радіус кривизни диска  $R = 450$  мм; кут постановки до напрямку руху  $\alpha = 26^\circ$ , кут постановки до вертикалі  $\beta = 18^\circ$ , жорсткість стояка  $C = 1610$  Н/см.

Мета проведених польових експериментів – експериментально підтвердити гіпотезу про те, що збігається раціональним напрямком коливань диска є такий, що співпадає з площиною обертання диска. Тому в

роботі були задіяні 3 стояки, в яких прогин відповідає відповідно трьом значенням нахилу відносно площини обертання.

Критерієм раціональності є мінімальне значення тягового опору. Польова установка дозволяє виконувати такі заміри в повздовжньому і поперечному напрямках. Але отримати абсолютне числове значення неможливо, бо значення тягового опору постійно змінюється, і обговорювати можна тільки діапазон імовірних значень (таблиця).

Положення площини діючих сил прийняте в бік польового обрізу “мінус”, у бік борозного обрізу – “плюс”.

**Висновки**

1. Найбільш раціональною конструкцією пружного стояка є така, що має два перегини площини робочої поверхні, які дозволяють стояку сприймати складові тягового опору з прогину окремих його частин. Це дає можливість за рахунок зміни довжини ділянок впливати на напря-

мок дії сил, що збуджують коливання в системі.

2. Енергетично вигідним є напрямком коливань, вектор яких лежить у площині обертання диска. Як наслідок, стояк може ефективно працювати в певному діапазоні твердості (питомого зчеплення часток) ґрунту.

**Бібліографія**

1. Дослідження вібраційних процесів при основному обробітку ґрунту / В.М. Булгаков, М.О. Свірень, Р.В. Кісільов, С.Б. Орищенко, І.О. Лісовий // Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. – 2015. – Вип. 5, т. 1. – С. 3–13.

2. Особливості конструкції та основні результати польових досліджень дискового плуга / [Б.А. Волик, А.М. Пугач, Г.В. Теслюк, А.М. Семенюта] // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка // Механізація сільського господарства. – 2011. – Вип. 107, т. 1. – С. 143–147.

3. Гапоненко О.І. Експериментальні дослідження роботи сферичного диска на пружному кріпленні / О.І. Гапоненко // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. – 2013. – Вип. 43, ч. II. – С. 61–66.

4. Гапоненко О.І. Експериментальні дослідження дискатора з пружними стояками / О.І. Гапоненко // Механізація і електрифікація сільського господарства. – 2014. – Вип. 99(1). – С. 263–271.

5. Ґрунтообробні агрегати на основі дискових робочих органів: монографія / [Г.В. Теслюк, Б.А. Волик, С.П. Сокол, О.М. Кобець, А.М. Семенюта]. – Дніпропетровськ: ТОВ “Акцент ПП”, 2016. – 144 с.

6. Машини та технологічне обладнання вібраційної дії: навч. посібник / [В.М. Булгаков, Г.М. Калетнік, І.П. Паламарчук, І.В. Головач, О.М. Черний]. – К.: “ХАЙ-ТЕК Прес”, 2013. – 486.

7. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів / А.С. Кобець, Т.Д. Іщенко, Б.А. Волик, О.А. Демидов. – Дніпропетровськ: РВВ ДДАУ, 2009 – 84 с.

8. Мударисов С.Г. Повышение качества обработки почвы путем совершенствования рабочих органов машин на основе моделирования технологического процесса: автореф. дис. на соиск. ученой степени д-ра техн. наук / С.Г. Мударисов. – Челябинск, 2007. – 42 с.

9. Семенюта А.М. Обґрунтування конструктивної схеми, параметрів та режимів роботи дискового плуга: автореф. дис. на здобуття ступеня канд. техн. наук / А.М. Семенюта. – Мелітополь, 2014. – 23 с.