

**Кусков М. А.**

Державний  
біотехнологічний  
університет, м. Харків,  
Україна  
**E-mail:**  
0671210957@btu.kharkiv.ua

**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ  
ПОСІВНОГО МАШИННО-ТРАКТОРНОГО  
АГРЕГАТУ У СКЛАДІ ТРАКТОРА ТА  
СІВАЛКИ VEGA-8 W PROFİ**

DOI: <https://doi.org/10.31359/2311-441X-2025-26-222-234>

УДК 631.362

*Кусков М.А. Експериментальні дослідження посівного машинно-тракторного агрегату у складі трактора та сівалки Vega-8 W Profi.*

**Анотація.** В статті наведено результати експериментальних досліджень посівного машинно-тракторного агрегату у складі трактора та сівалки Vega-8 W Profi. Встановлено, що ефективність сільськогосподарських операцій значною мірою залежить від продуктивності МТА. Визначено, що звичайні сільськогосподарські методи вирощування сільськогосподарських культур часто призводять до ущільнення ґрунту та збільшення викидів парникових газів. Під час експериментальних досліджень використано вимірну систему динаміки та енергетики мобільних машин. Вимірну систему призначено для визначення кінематичних, динамічних, потужнісних та енергетичних характеристик мобільних машин та їх елементів при дорожніх, польових і стендових випробуваннях. При I серії досліджень визначався вплив конструктивних параметрів агрегату на динаміку та коливання елементів а також з метою оцінки техніко-економічних показників. При швидкості руху 2,8 м/с найбільший розмах коливань мають прискорення ІВП-3, який встановлено на сніці сівалки. На ці показники впливає близьке розташування вентилятора пневматичної системи сівалки. Основні енергії коливань елементів агрегату знаходяться на частотах 5, 22 та 30-35 Гц. При II серії досліджень визначалися відмінності у коливаннях висівальних апаратів сівалки. Основна енергія коливань (амплітуди віброприскорень) висівальних апаратів сівалки знаходиться на частотах 3, 20, 28, 30 Гц при швидкості руху 2,8 м/с. В цьому випадку також найбільший розмах коливань мають прискорення, що визначені датчиком ІВП-3, який встановлено на сніці сівалки. Амплітуди віброприскорень першого та останнього висівальних апаратів на частотах 28-30 Гц нижчі за амплітуди віброприскорень четвертого та п'ятого. Проведені експериментальні дослідження в ПСП дозволили оцінити техніко-експлуатаційні показники посівного агрегату. Показники стану ґрунту задовольняють умовам, що пред'являються до сівби зернових культур. Вологість ґрунту в шарах 0-5 см складала – 21,4 %, 5-10см – 23,9 %, 10-15см – 22,9 %. Оптимізація конструктивних параметрів агрегату дозволила покращити техніко-експлуатаційні показники. В модернізованому варіанті посівного МТА збільшена продуктивність на 15 % до 5,2 га/год; погектарна витрата палива знизилась на 0,2 кг/га (18 %) до 2,4 кг/га..

**Ключові слова:** експериментальні дослідження, посівний агрегат, трактор, сівалка, вимірну система, прискорення, техніко-експлуатаційні показники.

*Kuskov M. A. Experimental studies of sowing machine-tractor unit consisting of tractor and Vega-8 W Profi seeder.*

**Abstract.** *The article presents the results of experimental studies of the sowing machine-tractor unit consisting of tractor and the Vega-8 W Profi seeder. It has been established that the efficiency of agricultural operations largely depends on the productivity of MTA. It has been determined that conventional agricultural methods of growing crops often lead to soil compaction and increased greenhouse gas emissions. During experimental research, a measuring system for the dynamics and energy of mobile machines was used. The measuring system is designed to determine the kinematic, dynamic, power and energy characteristics of mobile machines and their elements during road, field and bench tests. During the first series of studies, the influence of the design parameters of the unit on the dynamics and oscillations of the elements was determined, as well as in order to assess the technical and economic indicators. At a speed of 2.8 m/s, the acceleration of IVP-3, which is installed on the seeder saddle, has the largest range of oscillations. These indicators are influenced by the proximity of the fan of the pneumatic system of the seeder. The main oscillation energies of the elements of the unit are at frequencies of 5, 22 and 30-35 Hz. During the second series of studies, differences in the oscillations of the seeding units of the seeder were determined. The main energy of oscillations (amplitude of vibration accelerations) of the seeder seeders is at frequencies of 3, 20, 28, 30 Hz at a speed of 2.8 m/s. The amplitudes of vibration accelerations of the first and last seeding units at frequencies of 28–30 Hz are lower than the amplitudes of vibration accelerations of the fourth and fifth. The experimental studies carried out in the PSP made it possible to assess the technical and operational indicators of the sowing unit. Indicators of soil condition meet the conditions for sowing grain crops. Soil moisture in layers of 0-5 cm was 21.4%; 5-10 cm – 23.9 %, 10-15 cm – 22.9 %. Optimization of the design parameters of the unit made it possible to improve technical and operational indicators. In the modernized version of the sowing MTA, productivity was increased by 15% to 5.2 ha/h; Fuel consumption per hectare decreased by 0.2 kg/ha (18%) to 2.4 kg/ha.*

**Key words:** *experimental research, sowing unit, tractor, seeder, measuring system, acceleration, technical and operational indicators.*

### Постановка проблеми

Ефективність сільськогосподарських операцій значною мірою залежить від продуктивності машинно-тракторних агрегатів (МТА) [1]. Ці агрегати, що включають трактори та знаряддя, є основними для обробки ґрунту та сівби, впливаючи на врожайність сільськогосподарських культур та виробничі витрати. Оптимізація продуктивності МТА передбачає врахування таких факторів, як стабільність, енергоефективність та вплив на ґрунт [2, 3]. Дане дослідження зосереджено на експериментальному дослідженні агрегату сівалки-трактор у складі трактора та сівалки VEGA-8 W PROFI, оцінці його робочих параметрів та потенціалу підвищення ефективності сівби.

### Аналіз останніх досліджень та публікацій

Звичайні сільськогосподарські методи часто призводять до ущільнення ґрунту та збільшення викидів парникових газів [4]. Використання важкої техніки, такої як трактори, може негативно впливати на структуру ґрунту, перешкоджаючи росту рослин та розвитку сільськогосподарських культур [5]. Крім того, традиційні однофункціональні сівалки можуть бути менш ефективними порівняно з комбінованими ґрунтообробними та посівними машинами, які скорочують цикл роботи та знижують виробничі витрати. Таким чином, комбіновані агрегати, що складаються з

трактора та сільськогосподарської машини, привертають більше уваги для включення таких операцій, як підготовка насінневого ложа, посів добрив і пресування, і все це за один прохід [6].

Результати цього дослідження можуть сприяти оптимізації конструкції та експлуатації посівних МТА, що приведе до покращення якості посіву, зниження споживання палива та зменшення ущільнення ґрунту. Розуміючи динаміку та експлуатаційні характеристики посівного МТА у складі трактора та сівалки VEGA-8 W PROFI, сільськогосподарські практики можуть приймати обґрунтовані рішення для підвищення продуктивності та стійкості [7–9]. Крім того, це дослідження узгоджується з ширшою метою просування природоохоронних методів сільського господарства, які спрямовані на мінімізацію порушення ґрунту та покращення здоров'я ґрунту [10].

Впровадження інноваційних технологій, таких як смуговий обробіток ґрунту та системи точного землеробства, може ще більше підвищити продуктивність МТА [11–17].

### Формулювання мети досліджень

Завдання даного дослідження полягає у визначення режимів роботи МТА шляхом проведення експериментальних досліджень посівного агрегату у складі трактора та сівалки Vega-8 W Profi.

### Результати досліджень

Експериментальні дослідження посівного МТА ставлять за мету перевірку теоретичних передумов, спрямованих на оцінку коливань траєкторії елементів агрегату на його стійкість руху, прямолінійність, динаміку та енергетичні показники, а також для підтвердження адекватності розробленої математичної моделі динаміки посівного агрегату.

Предметом експериментальних досліджень є теоретичні та методологічні приклади взаємозв'язку коливань елементів посівного машинно-тракторного агрегату, оцінити коливання траєкторій елементів в залежності від динамічних та геометричних параметрів агрегату.

Об'єктом експериментальних досліджень було обрано посівний агрегат у складі трактора та сівалки Vega-8 W Profi (ПАТ «Ельворті», м. Кропивницький) (рис. 1).



Рис. 1. Загальний вигляд посівного агрегату у складі трактора та сівалки Vega-8 W Profi (2)

Експериментальні дослідження проведено на полях площею 54 га Дослідного державного господарства «Кутузівки» Інституту сільського господарства Північного сходу Національної академії природничих наук [7–10].

Сівба сумісних культур кукурудзи, сої та сорго, які висівались при дослідженнях, здійснювалась високопродуктивними сортами: кукурудзи «Соломинська 298 СР», сої – «Хугоряночка», які мали високу лабораторну схожість насіння: 98% та 94% [8]. Сорт сорго, який висівають сумісно з соєю мав назву «Самурай», насіння якого мало також високу лабораторну схожість – 98% [9].

Під час експериментальних досліджень посівного машинно-тракторного агрегату у складі трактора та сівалки Vega-8 W Profi використано вимірювальну систему динаміки та енергетики мобільних машин [11, 12, 14].

Вимірювальна система динаміки та енергетики мобільних машин (ВСДЕММ) відноситься до технічних засобів вимірювань при випробування, діагностування та експлуатаційного контролю. Вимірювальна система (ВС) призначена для визначення кінематичних, динамічних, потужнісних та енергетичних характеристик мобільних машин та їх елементів при дорожніх, польових і стендових випробуваннях [11, 12, 15]. Загальний вигляд вимірювальної системи та датчиків наведено на рис. 2.

Основними складовими частинами вимірювальної системи є (рис. 2): обчислювальний модуль вимірювальної системи; датчики вимірювальної системи; джерело живлення (літієва АКБ).

Обчислювальний модуль призначений для обробки, візуалізації та зберігання даних, що надходять із датчиків. Блок живлення дозволяє вимірювальній системі працювати автономно або отримувати живлення від бортової системи мобільної машини, що проходить експериментальні дослідження.



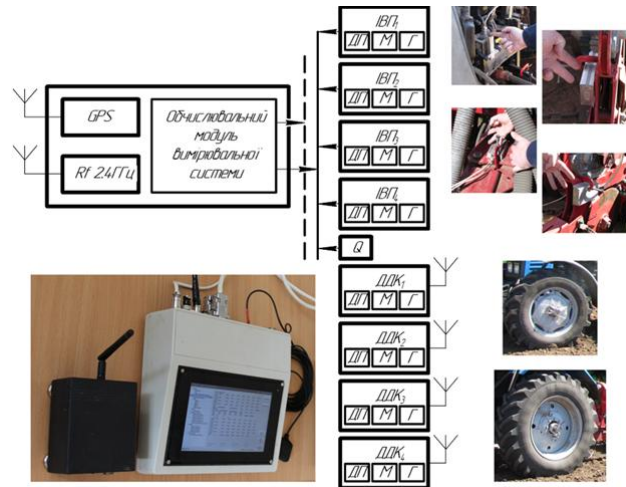
Рис. 2. Загальний вигляд вимірювальної системи та датчиків

Вимірювальна система призначена для визначення кінематичних, динамічних, потужнісних та енергетичних характеристик мобільних машин та їх елементів при дорожніх, польових і стендових випробуваннях [15, 16].

Вона використовується для визначення динамічних та енергетичних властивостей вантажних і легкових автомобілів, автобусів і автопоїздів, тракторів, військової колісної і гусеничної техніки, а також їх елементів у процесі експлуатації, при проведенні автотехнічної експертизи і в інших випадках, що вимагають оперативного контролю стану машини. ВС визначає лінійні прискорення та кутові швидкості обертання навколо осей

симетрії мобільної машини, поступову швидкість, географічне положення, витрату палива, тягове зусилля, швидкості обертання коліс.

Структурну схему ВС, що встановлювалась під час експериментальних досліджень посівного МТА наведено на рис. 3.



ІВП1...ІВП4 – інерційний вимірювальний пристрій (1...4); ДП – датчик прискорення; М – магнітометр; Г – гіроскоп; Q – датчик витрати пального; ДДК1...ДДК4 – датчик динаміки колеса (1...4)

Рис. 3. Схема вимірювальної системи динаміки та енергетики мобільних машин

Кількість та типи датчиків, якими обладнується агрегат при випробуваннях, залежать від її виду і параметрів, що необхідно визначити. Вимірювальна система може обладнуватись інерційними вимірювальними пристроями, що складаються з гіроскопів та датчиків прискорень, кількість яких залежить від кількості елементів мобільної машини або агрегату. Система може обробляти дані з восьми інерційних вимірювальних пристроїв [16, 17].

Схема руху посівного МТА підчас експериментальних досліджень по полю наведена на рис. 4.

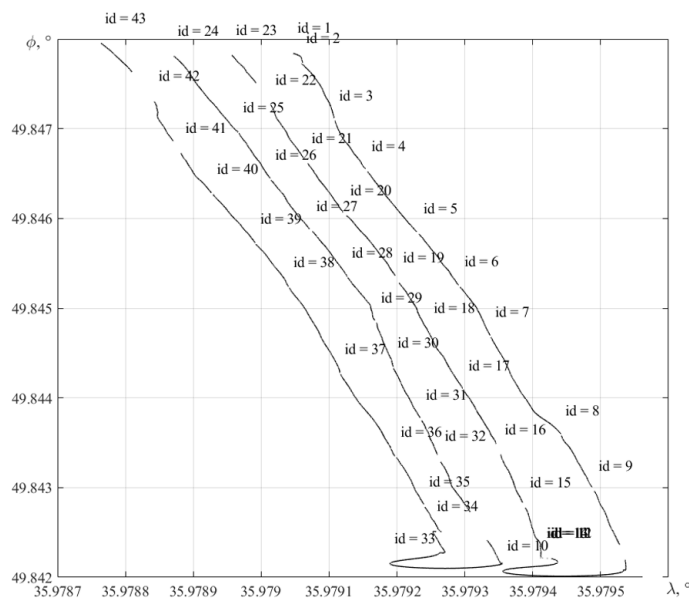
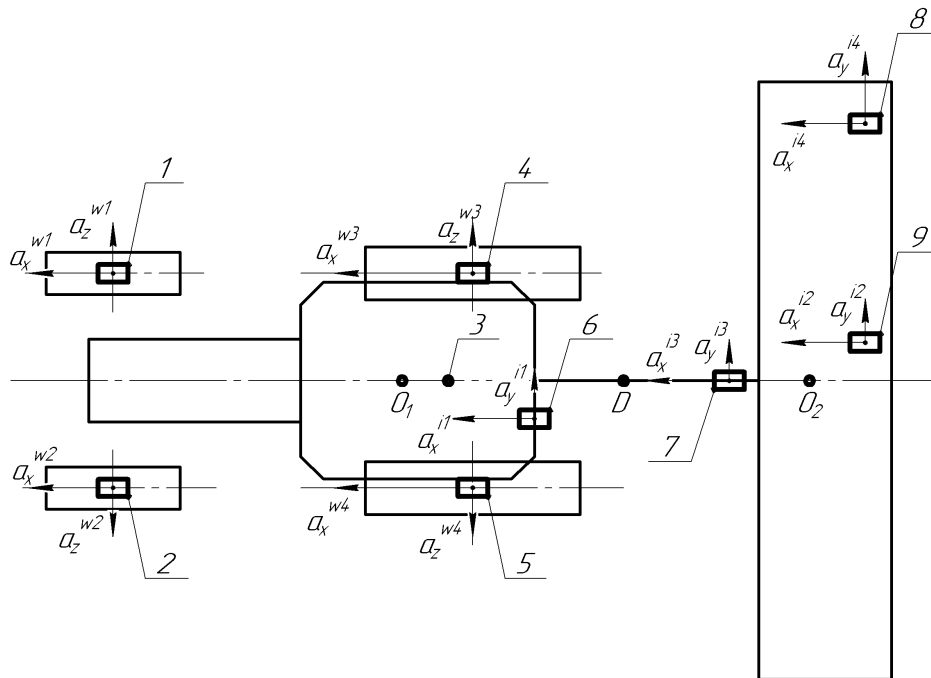


Рис. 4. Схема руху посівного агрегату підчас експериментальних досліджень по полю

При I серії досліджень визначався вплив конструктивних параметрів агрегату на динаміку та коливання елементів а також з метою оцінки техніко-економічних показників. Розташування датчиків на посівному машинно-тракторному агрегаті під час експериментальних досліджень наведено на рис. 5).



1 – датчик динаміки колеса 1 (переднього правого колеса трактора); 2 – датчик динаміки колеса 2 (переднього лівого колеса трактора); 3 – антена приймача GPS; 4 – датчик динаміки колеса 3 (заднього правого колеса трактора); 5 – датчик динаміки колеса 4 (заднього лівого колеса трактора); 6 – інерційний вимірювальний пристрій 1; 7 – інерційний вимірювальний пристрій 3; 8 – інерційний вимірювальний пристрій 4; 9 – інерційний вимірювальний пристрій 2

Рис. 5. Схема розташування датчиків на посівному машинно-тракторному агрегаті під час експериментальних досліджень (I серія досліджень)

Датчик динаміки колеса 1 розташовувався на передньому правому колесі трактора. Датчик динаміки колеса 2 розташовувався на передньому лівому колесі трактора. Антена приймача GPS розташовувалась на даху трактора (у повздовжньо-горизонтальній площині в центрі мас трактора). Датчик динаміки колеса 3 розташовувався на задньому правому колесі трактора. Датчик динаміки колеса 4 – на задньому лівому колесі трактора. Інерційний вимірювальний пристрій 1 – на рамі трактора; інерційний ІВП-3 – на сніці сівалки; ІВП-4 – на крайній (восьмій) секції сівалки; ІВП-2 – на четвертій секції сівалки.

Визначено прискорення елементів посівного агрегату та спектральні щільності амплітуд віброприскорень під час I серії експериментальних досліджень (рис. 6).

При швидкості руху 2,8 м/с найбільший розмах коливань мають прискорення ІВП-3, який встановлено на сніці сівалки (рис. 6). На ці показники впливає близьке розташування вентилятора пневматичної системи сівалки. Основні енергії коливань елементів агрегату знаходяться на частотах 5, 22 та 30-35 Гц.

При II серії досліджень визначалися відмінності у коливаннях висіваючих апаратів сівалки. Розташування датчиків на посівному машинно-тракторному агрегаті під час II серії експериментальних досліджень наведено на рис. 7.

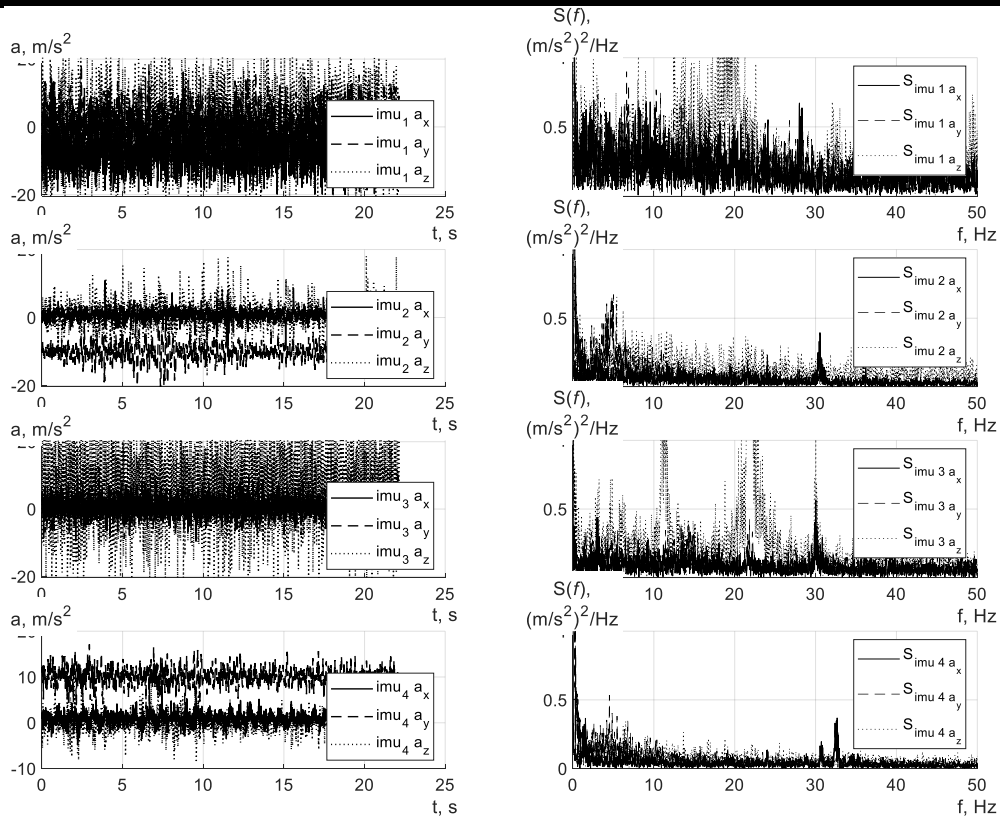
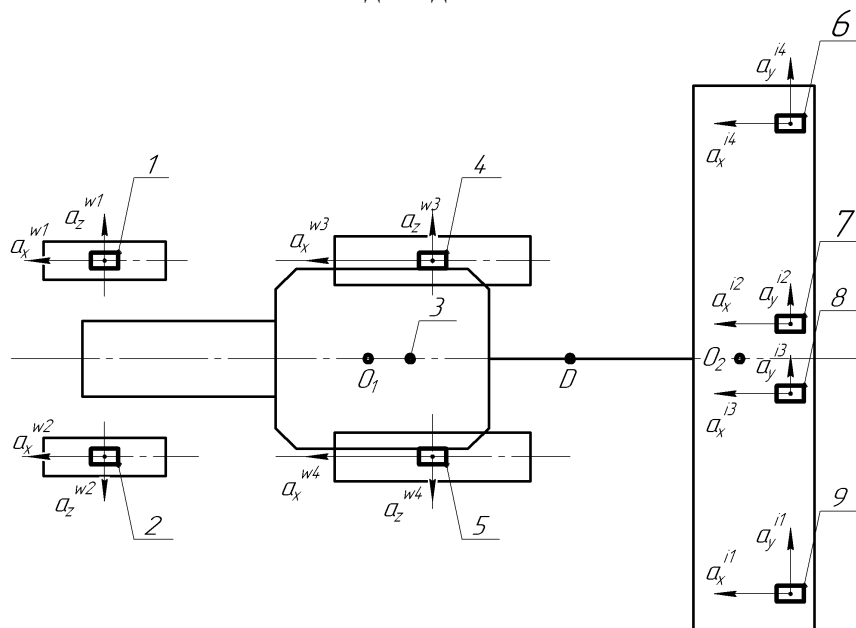


Рис. 6. Прискорення елементів посівного машинно-тракторного агрегату при I серії досліджень



1 – датчик динаміки колеса 1 (переднього правого колеса трактора); 2 – датчик динаміки колеса 2 (переднього лівого колеса трактора); 3 – антена приймача GPS; 4 – датчик динаміки колеса 3 (заднього правого колеса трактора); 5 – датчик динаміки колеса 4 (заднього лівого колеса трактора); 6 – інерційний вимірювальний пристрій 4; 7 – інерційний вимірювальний пристрій 2; 8 – інерційний вимірювальний пристрій 3; 9 – інерційний вимірювальний пристрій 1

Рис. 6. Схема розташування датчиків на посівному машинно-тракторному агрегаті під час експериментальних досліджень (II серія досліджень)

На відміну від I серії досліджень своє розташування змінили виключно інерційно-вимірювальні пристрої. ІВП 1 розташовувався на рамі першого висівачого апарату сівалки, ІВП-3 – на рамі четвертого висівачого апарату; ІВП-2 – на рамі п'ятого; ІВП-4 – на рамі восьмого висівачого апарату сівалки.

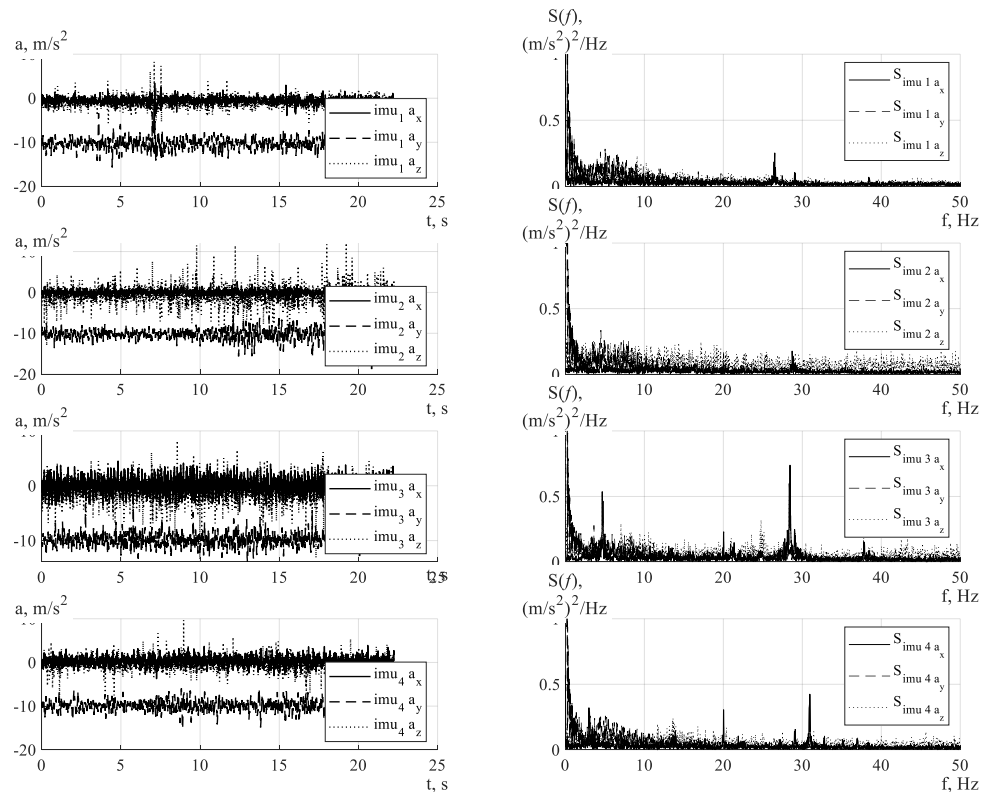


Рис. 7. Прискорення елементів посівного машинно-тракторного агрегату при II серії досліджень

Основна енергія коливань (амплітуди віброприскорень) висівних апаратів сівалки знаходиться на частотах 3, 20, 28, 30 Гц при швидкості руху 2,8 м/с (рис. 7). В цьому випадку також найбільший розмах коливань мають прискорення, що визначені датчиком ІВП-3, який встановлено на сніці сівалки. Амплітуди віброприскорень першого та останнього висівачих апаратів на частотах 28–30 Гц нижчі за амплітуди віброприскорень четвертого та п'ятого.

Полеві дослідження посівного МТА у складі трактора та сівалки Vega-8 W Profi проведено у двох варіантах:

- базовий варіант (налаштування трактора та конструкція сівалки були заводськими);
- модернізований варіант (тиск в колесах трактора збільшений на 0,01 МПа та довжина сніці причіпної сівалки Vega-8 W Profi збільшена на 1 м).

### Обговорення

Проведені експериментальні дослідження в Приватному сільськогосподарському підприємстві «Лілія» дозволили оцінити техніко-експлуатаційні показники посівного агрегату при двох серіях досліджень та двох варіантах (табл. 1).

Таблиця 1

Техніко-експлуатаційні показники посівного агрегату у складі трактора та сівалки  
**Vega-8 W Profi**

Найменування показника	Значення	
	Базовий варіант	Модернізований варіант
1	2	3
Марка машини	Трактор + Vega-8 W Profi	
Вид роботи	сівба	
Тип ґрунту за механічним складом	чорнозем суглинистий	
Рельєф	плаский	
Площа поля, га	95	
Довжина гону	1215	
Вологість ґрунту, %		
в шарах, см:		
0-5 см	21,4	
5-10 см	23,9	
10-15 см	22,9	
Твердість ґрунту, МПа		
в шарах, см		
0-5 см	0,48	
5-10 см	0,02	
10-15 см	0,81	
Ширина захвату:		
середня ширина захвату, см	560	560
середньоквадратичне відхилення, ± см	4,8	4,4
коефіцієнт варіації, %	7,2	6,8
Робоча швидкість, м/с	2,80	3,3
Витрата палива на одиницю виконаної роботи, кг/га	2,6	2,4

Показники стану ґрунту задовольняють умовам, що пред'являються до сівби зернових культур (табл. 1). Вологість ґрунту в шарах 0-5 см складала – 21,4 %; 5-10см – 23,9 %, 10-15см – 22,9 %. Сівба виконувалась після передпосівного обробітку агрегатом ХТЗ-242К + культиватор Джон Дір на глибину 7–11 см.

Оптимізація конструктивних параметрів агрегату дозволила покращити техніко-експлуатаційні показники. В модернізованому варіанті посівного МТА збільшена продуктивність на 15 % до 5,2 га/год; погектарна витрата палива знизилась на 0,2 кг/га (18 %) до 2,4 кг/га.

### **Висновки**

1. Встановлено, що ефективність сільськогосподарських операцій значною мірою залежить від продуктивності МТА. Визначено, що звичайні сільськогосподарські методи вирощування сільськогосподарських культур ґрунту часто призводять до ущільнення ґрунту та збільшення викидів парникових газів. Використання важкої техніки, такої як трактори, може негативно впливати на структуру ґрунту, перешкоджаючи росту розсади та розвитку сільськогосподарських культур. Крім того, традиційні однофункціональні сівалки можуть бути менш ефективними порівняно з комбінованими ґрунтообробними та посівними машинами, які скорочують цикл роботи та знижують виробничі витрати.

2. Експериментальні дослідження посівного МТА ставлять за мету перевірку теоретичних передумов, спрямованих на оцінку коливань траєкторії елементів агрегату на його стійкість руху, прямолінійність, динаміку та енергетичні показники, а також для підтвердження адекватності розробленої математичної моделі динаміки посівного агрегату. Об'єктом експериментальних досліджень було обрано посівний агрегат у складі трактора та сівалки Vega-8 W Profi.

3. Експериментальні дослідження проведено підчас сівби сумісних культур кукурудзи, сої та сорго, які висівались при дослідженнях, здійснювались високопродуктивними сортами: кукурудзи «Соломинська 298 СР», сої – «Хуторяночка», які мали високу лабораторну схожість насіння: 98% та 94%. Сорт сорго, який висівають сумісно з соєю мав назву «Самурай», насіння якого мало також високу лабораторну схожість – 98%.

4. При I серії досліджень визначався вплив конструктивних параметрів агрегату на динаміку та коливання елементів а також з метою оцінки техніко-економічних показників. При швидкості руху 2,8 м/с найбільший розмах коливань мають прискорення ІВП-3, який встановлено на сніці сівалки. На ці показники впливає близьке розташування вентилятора пневматичної системи сівалки. Основні енергії коливань елементів агрегату знаходяться на частотах 5, 22 та 30-35 Гц.

5. При II серії досліджень визначалися відмінності у коливаннях висіваючих апаратів сівалки. Основна енергія коливань (амплітуди віброприскорень) висівних апаратів сівалки знаходиться на частотах 3, 20, 28, 30 Гц при швидкості руху 2,8 м/с. В цьому випадку також найбільший розмах коливань мають прискорення, що визначені датчиком ІВП-3, який встановлено на сніці сівалки. Амплітуди віброприскорень першого та останнього висіваючих апаратів на частотах 28–30 Гц нижчі за амплітуди віброприскорень четвертого та п'ятого.

6. Проведені експериментальні дослідження в ПСП дозволили оцінити техніко-експлуатаційні показники посівного агрегату. Показники стану ґрунту задовольняють умовам, що пред'являються до сівби зернових культур. Вологість ґрунту в шарах 0-5 см складала – 21,4 %; 5-10см – 23,9 %, 10-15см – 22,9 %. Оптимізація конструктивних параметрів агрегату дозволила покращити техніко-експлуатаційні показники. В модернізованому варіанті посівного МТА збільшена продуктивність на 15 % до 5,2 га/год; погектарна витрата палива знизилась на 0,2 кг/га (18 %) до 2,4 кг/га.

### Список використаних джерел

1. Al-Sager, S. M., Almady, S. S., Marey, S. A., Al-Hamed, S. A., Aboukarima, A. M. Prediction of Specific Fuel Consumption of a Tractor during the Tillage Process Using an Artificial Neural Network Method. *Agronomy*, 2024. 14(3), 492. <https://doi.org/10.3390/agronomy14030492>.
2. Moinfar, A. M., Shahgholi, G. Dimensional Analysis of the Tractor Tractive Efficiency Parameters. *Acta Technologica Agriculturae*, 2018. 21(3), 94–99. <https://doi.org/10.2478/ata-2018-0017>
3. Nekhoroshev, D. D., Nekhoroshev, D. A., Konovalov, P. V., Yu Popov, A. Wheeled tractors in the agricultural machine-tractor aggregates work efficiency opportunities. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2020. 577(1), 012020. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/577/1/012020>.
4. Ranjbarian, S., Askari, M., Jannatkah, J. Performance of tractor and tillage implements in clay soil. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 2017. 16(2), 154–162. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2015.05.003>
5. Shustik, L., Novokhatskyi, M., Stepchenko, S., Sydorenko, S., Maidanovych, N. Improvement of technical and technological solutions of strip tillage. *Technical and*

Technological Aspects of Development and Testing of New Machinery and Technologies for Agriculture of Ukraine, 2024. 1(34(48)), 75–92. [https://doi.org/10.31473/2305-5987-2024-1-34\(48\)-7](https://doi.org/10.31473/2305-5987-2024-1-34(48)-7)

6. Adamchuk, V., Bulgakov, V., Nadykto, V., Trohaniak, O., Chorna, T. Theoretical study of the stability of asymmetric movement sowing machine-tractor aggregate. *Visnyk Agrarnoi Nauky*, 2023. 101(5), 57–64. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202305-08>.

7. В. І. Мельник, В. І. Пастухов, М. О. Циганенко, О. І. Анікеєв, В. В. Качанов. Нові можливості при сумісних посівах кормових культур. *Інженерія природокористування*, 2018. №2(10). С. 32–36.

8. Мельник В. І. Результати досліджень роботи дослідного зразка спеціалізованої сівалки для сумісних посівів кормових культур / В.І. Мельник, В.І. Пастухов, М.В. Бакум, М.О. Циганенко, С.М. Скофенко, О.А. Романашенко, В.В. Качанов, Д.В. Крохмаль // *Інженерія природокористування*, 2019. № 3(13). 2019. С. 35–42. [https://doi.org/10.37700/enm.2019.3\(13\).35-42](https://doi.org/10.37700/enm.2019.3(13).35-42)

9. В. Мельник, В. Пастухов, М. Циганенко, О. Романашенко, В. Качанов, В. Пахненко. Сумісні посіви кормових культур з застосуванням нової спеціалізованої сівалки Vega-8. *Пропозиція*, 2019. №6. С. 18–22.

10. Viktor Melnyk, Mikola Artiomov, Mykhailo Tsyganenko, Oleksandr Romanashenko, Oleksandr Anikeev. Test results of co-seeding technology for forage production in mix-crop farming system. *Engineering for rural development*, 2021. Vol. 20. PP. 451–456.

11. Антощенко Р. В., Галич І. В., Череватенко Г. І. Динаміка та енергетика руху машинно-тракторного агрегату з урахуванням профілю опорної поверхні: монографія. – Харків: ДБТУ, 2024. – 100 с.

12. Roman Antoshchenkov, Ivan Halych, Viktor Antoshchenkov, Anton Nykyforov, Liliia Kis-Korkishchenko, Halyna Cherevatenko, Dmytro Smitskov. Measuring system of dynamics and energy of mobile machines: monograph. – Katowice: Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, 2024. – 150 p.

13. Roman Antoshchenkov, Ivan Halych, Viktor Antoshchenkov, Anton Nykyforov, Liliia Kis-Korkishchenko, Halyna Cherevatenko, Dmytro Smitskov. Measuring system of dynamics and energy of mobile machines: monograph. – Katowice: Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, 2024. – 150 p.

14. Volodymyr Bulgakov, Semjons Ivanovs, Valerii Adamchuk, Roman Antoshchenkov. Investigations of the Dynamics of a Four-Element Machine-and-Tractor Aggregate. *Acta Technologica Agriculturae*, 2019. Vol. 22. №. 4. P. 146-151. <https://doi.org/10.2478/ata-2019-0026>.

15. Antoshchenkov, R., Halych, I., Nikiforov, A., Cherevatenko, H., Chyzykov, I., Sushko, S., Ponomarenko, N., Diundi, S., Tsebriuk, I. Determining the influence of geometric parameters of the traction-transportation vehicle's frame on its tractive capacity and energy indicators. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2022. 2 (7-116), pp. 60-61. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.254688>.

16. R. Antoshchenkov, V. Antoshchenkova, V. Kis, D. Smitskov. Increasing accuracy of measuring functioning parameters of agricultural units. *Engineering for Rural Development*, 2023, 22. P. 210–215.

17. Антощенко Р. В., Череватенко Г. І., Задорожний В. П., Свіпличний О. В., Кусков М. А. Дослідження динаміки повнопривідної тягово-транспортної машини. *Український журнал прикладної економіки та техніки*, 2023. Т. 8. № 4. С. 336 – 341.

---

## References

1. Al-Sager, S. M., Almady, S. S., Marey, S. A., Al-Hamed, S. A., Aboukarima, A. M. Prediction of Specific Fuel Consumption of a Tractor during the Tillage Process Using an Artificial Neural Network Method. *Agronomy*, 2024. 14(3), 492. <https://doi.org/10.3390/agronomy14030492>.
2. Moïnfar, A. M., Shahgholi, G. Dimensional Analysis of the Tractor Tractive Efficiency Parameters. *Acta Technologica Agriculturae*, 2018. 21(3), 94–99. <https://doi.org/10.2478/ata-2018-0017>
3. Nekhoroshev, D. D., Nekhoroshev, D. A., Konovalov, P. V., Yu Popov, A. Wheeled tractors in the agricultural machine-tractor aggregates work efficiency opportunities. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2020. 577(1), 012020. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/577/1/012020>.
4. Ranjbarian, S., Askari, M., Jannatkah, J. Performance of tractor and tillage implements in clay soil. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 2017. 16(2), 154–162. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2015.05.003>
5. Shustik, L., Novokhatskyi, M., Stepchenko, S., Sydorenko, S., Maidanovych, N. Improvement of technical and technological solutions of strip tillage. *Technical and Technological Aspects of Development and Testing of New Machinery and Technologies for Agriculture of Ukraine*, 2024. 1(34(48)), 75–92. [https://doi.org/10.31473/2305-5987-2024-1-34\(48\)-7](https://doi.org/10.31473/2305-5987-2024-1-34(48)-7)
6. Adamchuk, V., Bulgakov, V., Nadykto, V., Trohaniak, O., Chorna, T. Theoretical study of the stability of asymmetric movement sowing machine-tractor aggregate. *Visnyk Agrarnoi Nauky*, 2023. 101(5), 57–64. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202305-08>.
7. V. I. Melnyk, V. I. Pastukhov, M. O. Tsyganenko, O. I. Anikeev, V. V. Kachanov. New opportunities for combined sowing of fodder crops. *Environmental Engineering*, 2018. No. 2(10). P. 32–36.
8. Melnyk V. I. Results of research on the operation of a prototype of a specialized seeder for combined sowing of fodder crops / V.I. Melnyk, V.I. Pastukhov, M.V. Bakum, M.O. Tsyganenko, S.M. Skofenko, O.A. Romanashenko, V.V. Kachanov, D.V. Krokhmal // *Environmental Engineering*, 2019. No. 3(13). 2019. P. 35–42.
9. V. Melnyk, V. Pastukhov, M. Tsyganenko, O. Romanashenko, V. Kachanov, V. Pakhnenko. Mixed sowing of fodder crops using a new specialized seeder Vega-8. *Propozyziya*, 2019. No. 6. P. 18–22.
10. Viktor Melnyk, Mikola Artiomov, Mykhailo Tsyganenko, Oleksandr Romanashenko, Oleksandr Anikeev. Test results of co-seeding technology for forage production in mix-crop farming system. *Engineering for rural development*, 2021. Vol. 20. PP. 451–456.
11. Antoshchenkov R. V., Galich I. V., Cherevatenko G. I. Dynamics and energetics of the movement of a machine-tractor unit taking into account the profile of the supporting surface: monograph. – Kharkiv: DBTU, 2024. – 100 p.
12. Roman Antoshchenkov, Ivan Halych, Viktor Antoshchenkov, Anton Nykyforov, Liliia Kis-Korkishchenko, Halyna Cherevatenko, Dmytro Smitskov. Measuring system of dynamics and energy of mobile machines: monograph. – Katowice: Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, 2024. – 150 p.
13. Roman Antoshchenkov, Ivan Halych, Viktor Antoshchenkov, Anton Nykyforov, Liliia Kis-Korkishchenko, Halyna Cherevatenko, Dmytro Smitskov. Measuring system of dynamics and energy of mobile machines: monograph. – Katowice: Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, 2024. – 150 p.

14. Volodymyr Bulgakov, Semjons Ivanovs, Valerii Adamchuk, Roman Antoshchenkov. Investigations of the Dynamics of a Four-Element Machine-and-Tractor Aggregate. *Acta Technologica Agriculturae*, 2019. Vol. 22. №. 4. P. 146-151. <https://doi.org/10.2478/ata-2019-0026>.

15. Antoshchenkov, R., Halych, I., Nikiforov, A., Cherevatenko, H., Chyzykov, I., Sushko, S., Ponomarenko, N., Diundi, S., Tsebriuk, I. Determining the influence of geometric parameters of the traction-transportation vehicle's frame on its tractive capacity and energy indicators. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2022. 2 (7-116), pp. 60-61. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.254688>.

16. R. Antoshchenkov, V. Antoshchenkova, V. Kis, D. Smitskov. Increasing accuracy of measuring functioning parameters of agricultural units. *Engineering for Rural Development*, 2023, 22. P. 210–215.

17. Antoshchenkov R. V., Cherevatenko G. I., Zadorozhnyi V. P., Svitlychnyi O. V., Kuskov M. A. Research on the dynamics of an all-wheel drive traction and transport vehicle. *Ukrainian Journal of Applied Economics and Technology*, 2023. Vol. 8. No. 4. P. 336 – 341.