

УДК 631.4:31

## ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВЕРТИКАЛЬНИХ КОЛИВАНЬ НАДЛЕГКОГО МОБІЛЬНОГО ЕНЕРГЕТИЧНОГО ЗАСОБУ

*Мартишко В.М*

*Волянський М.С*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*Пришляк В.М*

*Вінницький національний аграрний університет*

*Наведені результати досліджень вертикальних коливань надлегкого мобільного енергетичного засобу в процесі виконання технологічного процесу в залежності від швидкості руху, типу агрофону і місця розташування технологічних модулів. Встановлено характер зміни вертикальних коливань і розподіл спектру прискорень за частотами*

*. The results of research of vertical oscillations of the ultra-light energy mobile device when performing the technological process depending on the speed, ahrofonu type and location. The character of changes in vertical oscillations and distribution of the spectrum accelerations by the frequencies is determined.*

Розроблений у Національному університеті біоресурсів і природокористування України надлегкий мобільний енергетичний засіб (НлМЕЗ) призначений для обприскування, внесення мінеральних добрив та сівби розкидним способом (рис.1) [1].



а



б

**Рис. 1. Надлегкий мобільний енергетичний засіб з технологічними модулями:**

*а – для обприскування; б – для внесення мінеральних добрив та сівби розкидним способом*

Для ефективного використання технологічного процесу необхідно забезпечувати плавність ходу агрегату, яка залежить від типу підвіски, параметрів коліс і характеристики агрофону. Для забезпечення високої прохідності і плавності ходу на НлМЕЗ встановлені шини (1300x600x500 мм) наднизького тиску (0,1...0,5 кгс/см<sup>2</sup>).

Надлегкий мобільний енергетичний засіб являє собою складну коливальну систему, в різних точках якої параметри коливань різні. Один з основних факторів, який впливає на

плавність ходу НлМЕЗ та якість виконання ним технологічного процесу є нерівності з боку поля, які викликають вертикальні коливання [3, 4].

Коливання відбуваються одночасно як у вертикальній, так і горизонтальній площинах. Визначати усі коливання одночасно дуже складно. Тому прийнято оцінювати динаміку коливань за результатами вимірювань вертикальних прискорень, які є найбільш впливовими [2, 5].

Для вимірювання і аналізу коливань НлМЕЗ використовували комплект аналогової вібровимірювальної апаратури «Брюль і Кьєр» (рис.2).

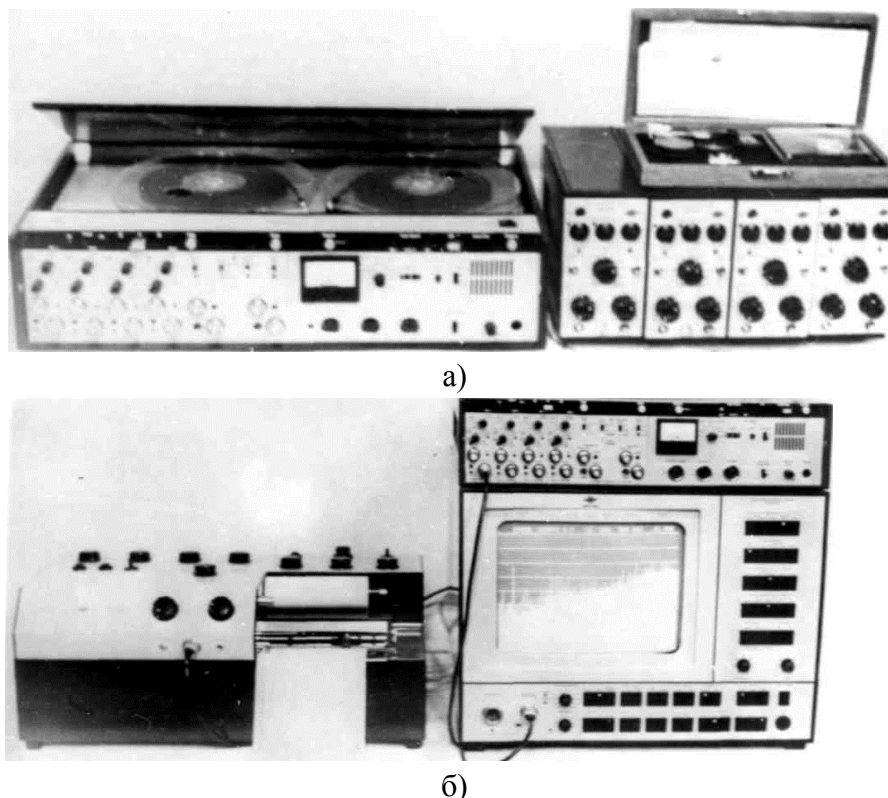


Рис.2. Комплект аналогової вібровимірювальної апаратури «Брюль і Кьєр»:

а) для запису; б) частотного аналізу

Вимірювання проводили за методикою випробовувань сільськогосподарської техніки розробленої в УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. В якості одиничного показника оцінки вертикальних коливань було прийнято середньоквадратичне значення  $a$ , яке визначається із залежності:

$$a = \sqrt{\frac{1}{T_o} \int_0^{T_o} a^2(t) dt},$$

де  $a(t)$  – зміна прискорення від часу  $t$ ;

$T_o$  – час усереднення.

Обладнання «Брюль і Кьєр» призначене для вимірювання переміщень, швидкостей і прискорень об'єктів в діапазоні частот від 0 до 100 Гц. В комплект входять:

вібровимірювальні перетворювачі, підсилювач зарядів, вимірювальний чотирьохканальний реєстратор команд, вузькочастотний аналізатор, самописець рівня.

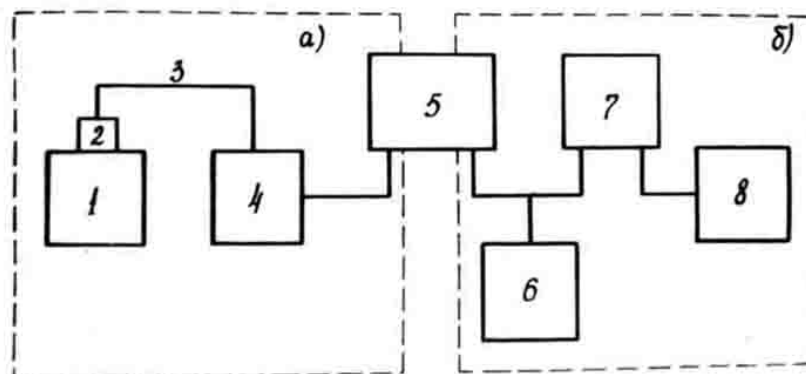
В якості вібровимірювальних перетворювачів використовували акселерометри, робота яких базується на застосуванні п'єзоелектричних матеріалів, які віддають під дією механічних коливань пропорційні прискоренням електричні сигнали. Чутливість акселерометра складає  $10 \text{ пкл/м.с}^2$ , маса одного датчика складає близько 55 г.

Дослідження вертикальних коливань проводили на двох типах ґрунтових фонів: а) зяблева оранка (заміри вздовж оранки); б) зяблева оранка (заміри поперек оранки). Блок-схема проведення дослідів наведена на рис.3.

Досліджуваний об'єкт був підготовлений так, щоб на ньому можна було вимірювати вертикальні коливання в заданих точках: а) в центрі мас; б) в місці кріплення штанги обприскувача або розсіювача по осі НлМЕЗ.

В процесі випробовувань сигнали від віброперетворювача 2 поступали на підсилювач 4. Нижня межа частоти фільтра складала 0,2 Гц, верхня – 1000 Гц.

Підсилені сигнали записувались на магнітну стрічку чотирьох каналного реєстратора



**Рис.3. Блок-схема для запису і частотного аналізу коливань:**  
**а – запис; б – частотний аналіз;**

1 – досліджуваний об'єкт; 2 – віброперетворювач; 3 – екранований кабель; 4 – підсилювач сигналу; 5 – реєстратор команд; 6 – середньоквадратичний детектор; 7 – вузькосмуговий частотний аналізатор; 8 – самописець рівня

Записані сигнали подавались на середньоквадратичний детектор 6. Вимірювання сумарного рівня коливань проводили в режимі збереження середньоквадратичного значення.

Спектральний аналіз виконували за допомогою вузькосмугового частотного аналізатора 7 в діапазоні частот 0...100 Гц. Ширина пропускання фільтрів складала 0,25 Гц. Аналіз амплітудно-частотного спектру проводили в реальному масштабі часу з усередненням за формулою

$$a(t) = a_f(t),$$

де  $a_f(t)$  – сигнал пропорційний прискоренню на вході смугового фільтра.

Виміряні приладом 7 миттєві спектри усереднювали за лінійним законом, реалізуючи алгоритм

$$a_n = \frac{(n-1)a_{n-1} + x_n}{n},$$

де  $a_n$  – потокове середнє значення;

$a_{n-1}$  – попереднє середнє значення;

$x_n$  – потокове миттєве значення.

При усередненні  $n$  приймали рівним 16, тобто  $n=N=16$ .

Усереднені спектри реєструвались самописцем 7 на частотоградований папір, на якому прискорення показані в децибелах відносно умовного нульового рівня прискорень.

Результати експериментальних досліджень підтвердили теоретичні передумови про випадковий характер вертикальних коливань [2]. Зміна прискорень у часі наведена на рис. 4.

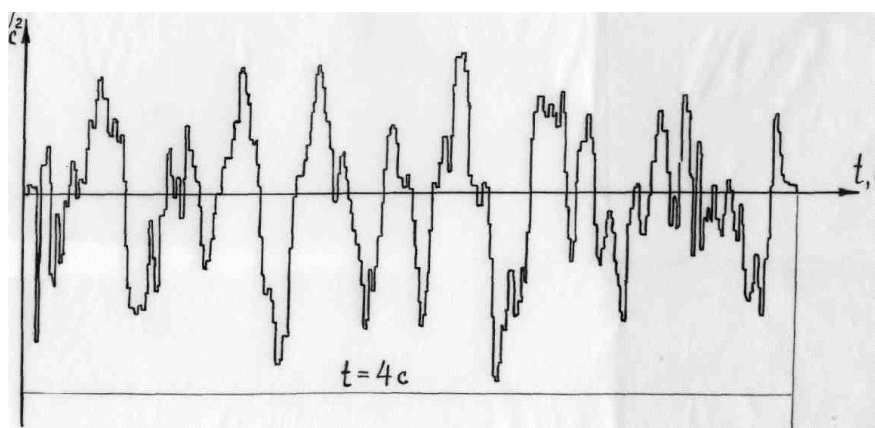
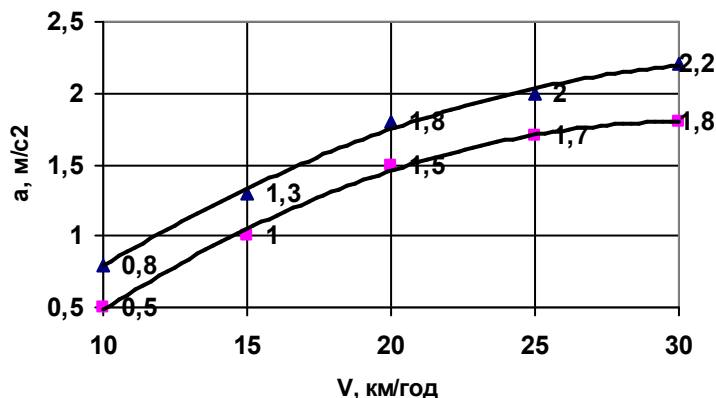


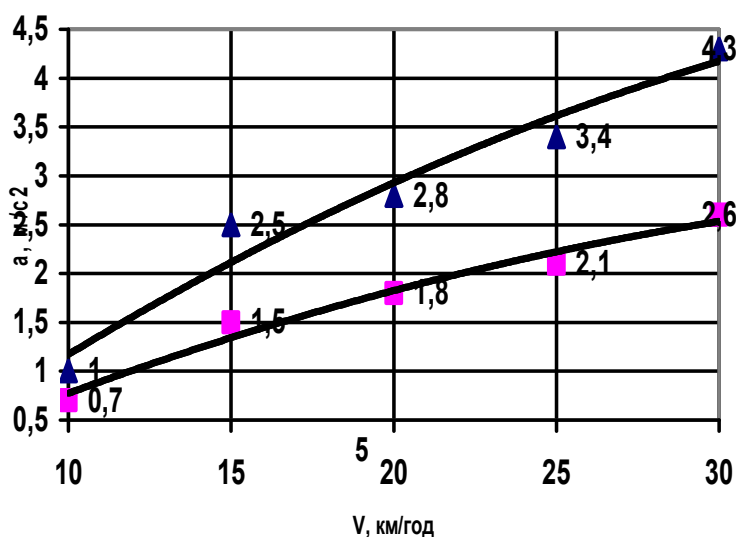
Рис. 4. Характер зміни вертикальних прискорень у часі

Середньоквадратичні значення вертикальних прискорень НлМЕЗ в залежності від швидкості руху та характеристики мікропрофілів полів змінювались у межах  $0,7...5,9 \text{ м/с}^2$ .

На рис. 5 наведені залежності середньоквадратичних значень вертикальних прискорень від швидкості руху засобу, типу агрофону і місця вимірювань. Встановлено характер зміни вертикальних коливань від швидкості руху. Так, під час руху НлМЕЗ по полю (заміри вздовж оранки), прискорення в центрі мас в залежності від швидкості руху ( $V = 10...30 \text{ км/год}$ ) становили  $0,7...1,8 \text{ м/с}^2$ ; під час руху поперек оранки -  $1,3...3,1 \text{ м/с}^2$ .



a



б

**Рис.5. Залежності вертикальних прискорень від швидкості руху, типу агрофону і місця на рамі:**

*а – поздовж оранки; б – поперек оранки; ■ – у центрі мас; ▲ - у місці кріплення штанги*

У різних точках рами значення вертикальних прискорень неоднакові. Найбільший рівень позаду рами у місці кріплення штанги, найменший – у центрі мас. Таке явище характерне для обох агрофонів.

При аналізі енергетичного спектру встановлено, що домінують гармонічні складові на частотах 1,75...2 Гц, 5 .. 5,5 Гц і 12,5 Гц, причому найбільшою із них є перша гармоніка 1,75...2 Гц.

Аналіз спектру розподілу прискорень за частотами, отриманих в різних точках, показав що із збільшенням швидкості руху НЛМЕЗ рівень прискорень зростає в першу чергу в спектрі 1,75...2 Гц. На вищих спектрах частот збільшення прискорень незначне, а починаючи з частоти 20 Гц і більше такого явища не спостерігається.

Встановлено також, що в будь-якому спектрі прискорень, незалежно від типу агрофону і швидкості руху енергетичного засобу, домінуючі частоти знаходяться в межах 1,45...5 Гц. На всіх спектрах чітко спостерігається гармонічна складова, що становить 75 Гц. Рівень прискорень на такій частоті майже в 10 разів менший ніж на решті.

Отримані спектри дозволяють визначити рівень прискорень на будь-якій гармоніці. Так у випадку руху агрегата по полю (агрофон в здовж оранки) зі швидкістю  $V = 20$  км/год рівень коливань на частоті 2 Гц складає 75 Дб або  $0,14$  г, що відповідає  $1,37$  м/с<sup>2</sup>.

Перехід від логарифмічної шкали в децибелах до натуральних значень прискорень вираховували за формулою:

$$N_{\text{дб}} = 20 \lg \frac{a}{a_0},$$

де  $N$  – число децибелів;

$a_0 = 3 \cdot 10^{-4}$  – опорне значення;

$a$  – числове значення прискорення, що визначається,  $\text{м/с}^2$ .

Так, якщо сумарний рівень прискорень на швидкості 20 км/год складає  $3,4 \text{ м/с}^2$ , то на частоті 2 Гц рівень прискорень -  $1,37 \text{ м/с}^2$ , отже потужність спектра який припадає на дану гармоніку можна виразити

$$\frac{1,37}{3,4} 100\% = 50,8\% .$$

Отже спектр, що припадає на гармоніку з частотою 2 Гц складає 50,8% повного спектру.

### **Висновки**

Характер зміни вертикальних коливань НлМЕЗ носить випадковий характер. Вертикальні прискорення в залежності від швидкості руху, типу агрофону і місця їх визначення на енергетичному засобі змінюються в межах  $0,7 \dots 5,9 \text{ м/с}^2$  і знаходяться в спектрі частот від 0 до 20 Гц, домінуючі прискорення проявляються на частоті близькій до 2 Гц.

### **Література**

1. Войтюк Д.Г. Надлегкий мобільний енергетичний засіб з технологічним і модулями для виконання робіт в умовах підвищення вологості ґрунту [Текст] / Д.Г. Войтюк, М.С. Волянський, Г.Р. Гаврилюк // Наук. Вісник НУБІП України, №144, частина 4. - К.: 2010. -с.115-122.
2. Лурье А.Б. Статистическая динамика сельскохозяйственных агрегатов [Текст] / А.Б. Лурье; - Л.: Колос, 1970. -376 с.
3. Мартишко В.М. Вплив мікропрофілів полів на ходові системи сільськогоспо-дарських машин [Текст] / В.М. Мартишко, М.С. Волянський, В.П.Бабій // Наук. Вісник НУБІП України, Вип. 92. частина.2. К.: 2005.-с.258-263.
4. Мартишко В.М. Обґрунтування підвіски ходових систем одновісних сільськогосподарських машин [Текст] / Наук. Вісник НУБІП України, Вип.144, частина 1, К.: 2010, с. 212-218.
5. Силаев А.А. Спектральная теория подресоривания транспортных машин. [Текст] / А.А. Силаев; - М.: Машиностроение, 1972. – 192 с.