

Міністерство  
освіти і науки  
України



Міністерство освіти і науки України

Національний університет біоресурсів і  
природокористування України  
Механіко-технологічний факультет

Представництво Польської академії наук в Києві  
Відділення в Любліні Польської академії наук  
Академія інженерних наук України  
Українська асоціація аграрних інженерів



**ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ  
II МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ  
КОНФЕРЕНЦІЇ**

**"Агроінженерія:**

**сучасні проблеми та перспективи розвитку"**

**(7–8 листопада 2019 року)**

**присвячена**

**90-й річниці з дня заснування**

**механіко-технологічного факультету НУБіП України**



**Київ – 2019**

## **КОНЦЕПЦІЯ АНАЛІЗУ ВІБРАЦІЇ СИНХРОННИХ РІЗЬБОВИХ З'ЄДНАНЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ**

*Михайлович Я. М.<sup>1</sup>, Рубець А. М.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

<sup>2</sup>*Білоцерківський національний аграрний університет*

Широке використання різьбових з'єднань в сучасній техніці пролонгує актуальність питання розвитку методології забезпечення їх надійності. Серед досліджень направлених на підвищення технічного ресурсу різьбових з'єднань, дослідження щодо синхронних та не синхронних різьбових з'єднань відсутні.

Використання різьбового з'єднання з моменту його винайдення і по теперішній час неодмінно супроводжувалось науковою підтримкою. Таким чином досягались поставлені цілі з одного боку – максимум міцності, щільності, довговічність; а з іншого – мінімум затрат на виготовлення, під час використання і технічного обслуговування. На теперішній час є сотні наукових робіт, що підтверджують науково-технічний інтерес досліджень міцності, якості виготовлення та монтажу, матеріалів, стопоріння різьбових з'єднань; окремо з них можна виділити наступні.

Послаблення різьбового з'єднання консольно скріплених балок розглянуто в роботі [1].

Дослідження [2] показали, що найкращі антипослаблюючі характеристики має хімічний замок, потім самофіксувальна гайка і герметична гайка.

В дослідженні [3] використано два способи моделювання процесу ковзання з'єднання: 1-модель на основі дискретно-пружинного затиску з декількома жорсткими елементами; 2-модель на основі напруженого затиску з деформованими елементами.

В дослідженні [4] виявлено, що значний знос площі контакту різьби болта і гайки та торця гайки відбувається через повторні загвинчування.

Вплив параметрів вібрації на динамічні властивості різьбових з'єднань сівалки наведено в роботі [5]. Для обчислення локальних напружень у з'єднанні за допомогою математичних моделей використано експериментальні віброграми. З проведених досліджень випливає, що максимумами вібрацій, що діють на різьбові з'єднання сівалки, можуть міститися в околі високочастотних резонансів різьбових з'єднань.

На основі аналізу вібраційного навантаження на опорних поверхнях кріпильних деталей запропоновано виокремити групу з'єднань [6]. Це дає поштовх розвитку альтернативних підходів до вирішення питання забезпечення необхідного наробітку різьбових з'єднань на відмову.

Літературний огляд показав значний інтерес сучасних науковців до різьбових з'єднань в якому чітко виділяються різні напрямки, підходи та методи, а наявне дослідження стане логічним продовженням того.

Об'єктом дослідження є вібрація різьбового з'єднання самохідного зернозбирального комбайна (рис. 1). Обробка результату досліджень проведена з використанням методів теоретичної механіки, математичного аналізу та статистичної обробки.

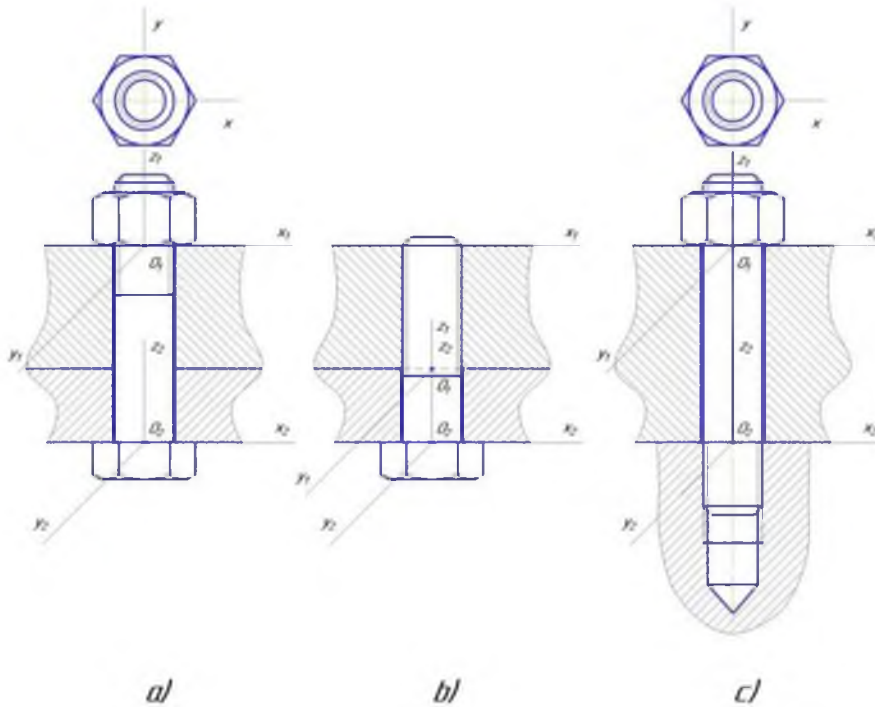


Рис. 1. Можливе розміщення координатних осей болтового (а), гвинтового (б) та шпилькового з'єднання.

Вібрація різьбового з'єднання зернозбирального комбайну є результатом динамічної дії рухомих мас робочих органів, технологічного матеріалу та впливу явища дисипації. На шляху розповсюдження вібрації від джерела до різьбового з'єднання є як пружні елементи так і дисипативні, що в свою міру впливає на результуюче вібраційне навантаження на різьбове з'єднання. В даному дослідженні вивчалась вібронавантаженість як результат взаємодії джерела вібрації та пружних і дисипативних характеристик середовища (конструктивні та неконструктивні елементи, роз'ємні та не роз'ємні з'єднання).

Частота дискредитації п'єзодатчика 600 1/с дозволяє в достатній мірі судити про результати досліджень як про достовірні дані для подальшої обробки (рис. 2). Аналіз кривої переміщення в явному вигляді (рис. 3) зведемо до наступного.

1. Відношення частот відносно осей X та Y обернена до відношення кількостей перетинів траєкторією з лінією, що паралельна відповідній осі  $N\omega_x(0,1c) = 21$   $N\omega_y(0,1c) = 9$ .

2. Розмах переміщень по осях X (-3,972...3,476) та Y (-2,832...1,38) свідчить про ексцентричність прямокутника вібрації\* по відношенню до системи координат XY. Сторони прямокутника дорівнюють сумах модулів розмахів вібрації, тобто:

$$A = X_{max} - X_{min} = 3,972 + 3,476 = 7,448$$

$$B = Y_{max} - Y_{min} = 2,832 + 1,38 = 4,212$$

3. Домінуюча купність спостерігається в 1 та 3 четверті координатних осей та «транзитність» траєкторії в 2-ій та більше в 4-ій четвертях.

4. Відношення сторін прямокутника вібрації

$$\frac{A}{B} = \frac{7,448}{4,212} = 1,768$$

свідчить про те, що розмах вібрації по осі ОХ більший на 76,8% ніж по осі ОУ, а отже і вібронавантаженість по осі ОХ буде вищою.

5. Траєкторія є незамкнутою і не має жодної осі симетрії; це слідує з того факту, що в кожному з напрямків Х та У відбувається додавання коливань.

6. Напрямок зростання множини точок з часом на траєкторії — проти годинникової стрілки (дивлячись з положення зору читача).

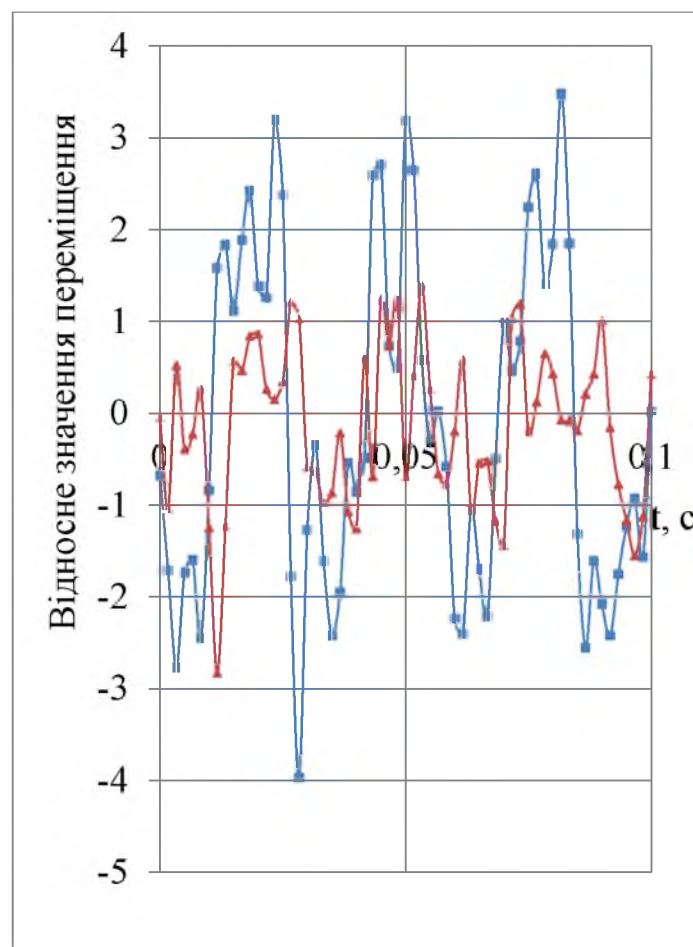


Рис. 2. Переміщення по осі X (■) та Y (▲) синхронного з'єднання\*

\*Примітка. В цьому випадку розглядається синхронне з'єднання з формулою вібронавантаження  $X_1 = X_2 \neq 0$ ;  $Y_1 = Y_2 \neq 0$ ;  $Z_1 = Z_2 = 0$ . Формула вібронавантаження – поняття, введене авторами вперше, є фізичною картиною співвідношень значень вібропереміщень в трьох взаємно перпендикулярних напрямках X Y Z для двох опорних поверхонь (індекс 1 та 2). Прямокутник вібрації – поняття введене авторами вперше – є умовним прямокутником, сторони якого проходять через максимальні та мінімальні значення координат і вміщує всю траєкторію Y(X) протягом заданого проміжку часу.

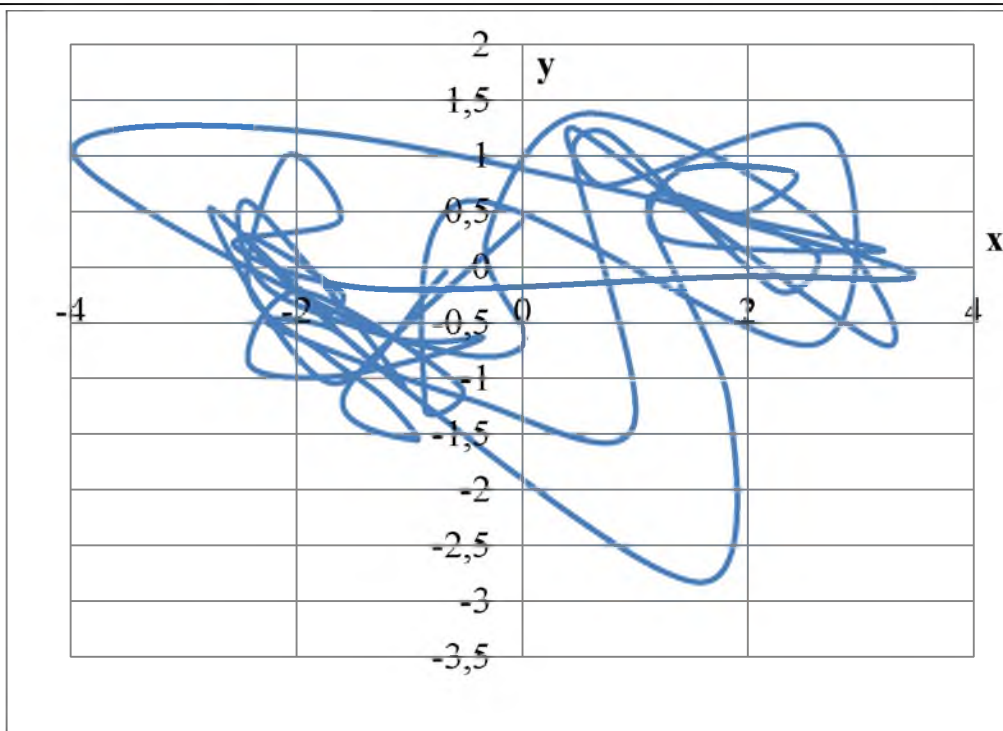


Рис. 3. Графік зміни відносної величини переміщення точки  $O_1$  та  $O_2$  в площині координатних осей  $XU$  для синхронного з'єднання на проміжку часу  $t = 0 \dots 0,1$ с.

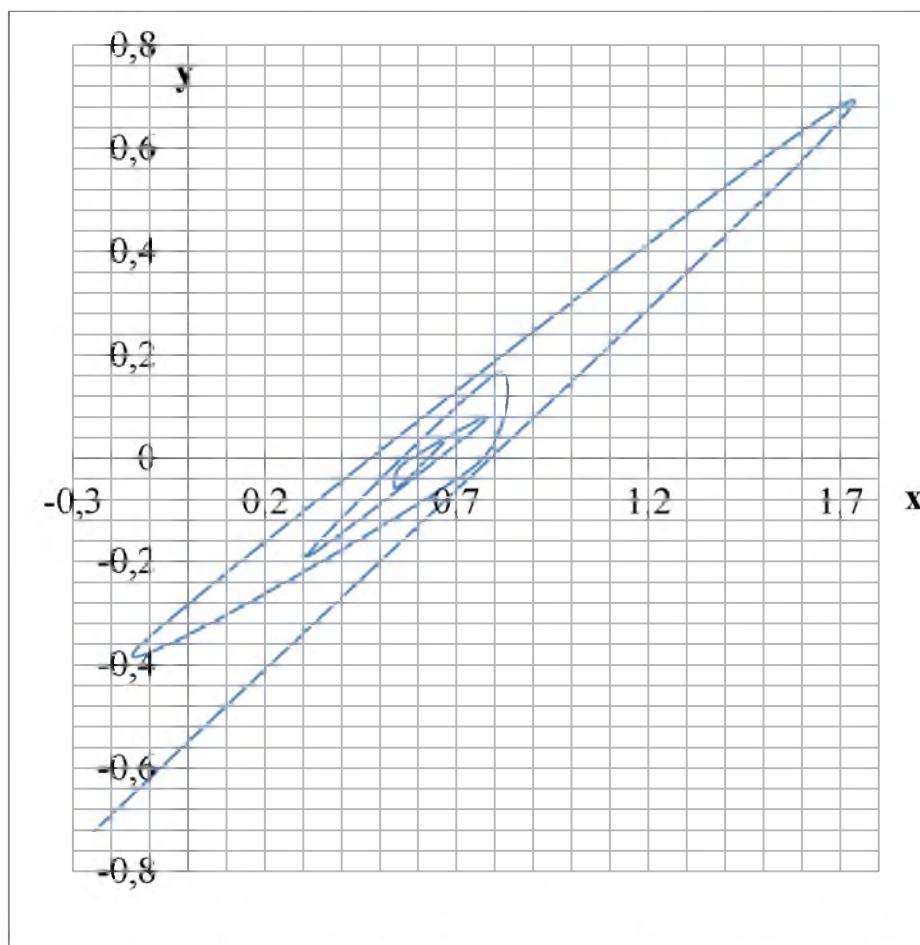


Рис. 4. Траєкторія зміни координати центра тяжіння прямокутника вібрації в проміжку часу  $0 \dots 1$  с.

Висновок. На основі аналізу вібрації запропоновано концепцію аналізу вібраційної навантаженості синхронних різьбових з'єднань сільськогосподарської техніки за пунктами: 1 – кількість частот відносно осей X та Y; 2 – розмах переміщень по осях X та Y; 3 – відношення сторін прямокутника вібрації; 4 – наявність та розміщення домінуючих купностей вібрації; 5 – замкнута чи не замкнута траєкторія, чи є вісь симетрії; 6 – напрямок зростання множини точок з часом на траєкторії.

#### Список літератури

1. *N. G. Pai, D. P. Hess.* (2003). Influence of fastener placement on vibration-induced loosening. *Journal of sound and vibration.* Vol. 268. 617–626.
2. *Anirban Bhattacharya, Avijit Sen, Santanu Das.* (2010). An investigation on the anti-loosening characteristics of threaded fasteners under vibratory conditions/ *Mechanism and Machine Theory.* Vol. 45. 1215–1225.
3. *John D. Reid, Nicholas R. Hiser.* (2005). Detailed modeling of bolted joints with slippage. *Finite Elements in Analysis and Design.* Vol. 41. 547–562.
4. *W. Eccles, I. Sherrington, R. D. Arnell.* (2010). Frictional changes during repeated tightening of zinc plated threaded fasteners. *Tribology International.* Vol. 43. 700–707.
5. *Б. Дівесв, В. Опалко, Г. Черчик.* Вібронавантаженість різьбових з'єднань у конструкції сівалки. Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні. Національний університет «Львівська політехніка». Вип. 50. 2016. С. 33–45.
6. *Михайлович Я. М., Рубець А. М.* Синхронні та несинхронні різьбові з'єднання сільськогосподарської техніки. Збірник тез доповідей XIX міжнародної наукової конференції "Сучасні проблеми землеробської механіки". Київ. НУБіП України. 2018. С. 152–154.