

УДК 621.863.2

## МЕТОДИКА УСУНЕННЯ ДИНАМІЧНОГО ДИСБАЛАНСУ РОТОРА

**В.В. Яцун, доцент, к.т.н., В.В. Дарієнко, доцент, к.т.н.,  
І.О. Скриннік, доцент, к.т.н.,  
Кіровоградський національний технічний університет**

*Анотація.* Запропоновано методику усунення динамічного дисбалансу ротора за допомогою пасивних автобалансирів.

*Ключові слова:* автобалансири, динамічний дисбаланс, методика зрівноважування.

## МЕТОДИКА УСТРАНЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКОГО ДИСБАЛАНСА РОТОРА

**В.В. Яцун, доцент, к.т.н., В.В. Дариенко, доцент, к.т.н.,  
И.О. Скрынник, доцент, к.т.н., Кировоградский национальный  
технический университет**

*Аннотация.* Предложена методика устранения динамического дисбаланса ротора с помощью пассивных автобалансиров.

*Ключевые слова:* автобалансири, динамический дисбаланс, методика уравновешивания.

## METHODS TO ELIMINATE THE DYNAMIC IMBALANCE OF ROTORS

**V. Yatsun, Associate Professor, Candidate of Engineering Sciences,  
V. Dariyenko, Associate Professor, Candidate of Engineering Sciences,  
I. Skrynnik, Associate Professor, Candidate of Engineering Sciences,  
Kirovograd National Technological University**

*Abstract.* Methods to eliminate the dynamic imbalance of rotors with passive auto-balancers have been proposed.

*Key words:* auto-balancer, dynamic imbalance, method of balancing.

### Вступ

Для усунення вібрацій і зрівноважування роторів на ходу використовують пасивні автобалансируючі пристрої, до яких відносяться кільцеві, кульові, маятникові – класичні та некласичні автобалансируючі пристрої [1]. В них коригувальні вантажі самі приходять у положення, в якому зрівноважують ротор, і потім обертаються з ним як одне ціле. Ця особливість роботи пасивних автобалансируючих пристроїв може бути використана як індикатор – для усунення динамічного дисбалансу ротора.

### Аналіз публікацій

Проведений огляд основних результатів теорії роторних машин і автобалансирів, зокрема робіт Блехмана І.І., Горошка О.О., Гусарова А.А., Кельзона А.С., Кравченка В.І., підтверджує можливість використання автобалансируючих пристроїв як індикаторів динамічного дисбалансу.

### Мета та постановка задачі

Розробити і застосувати метод динамічного балансування роторів дорожніх машин, використовуючи пасивні автобалансируючі при-

строї власної розробки, без залучення додаткового обладнання і безпосередньо на самій машині без демонтажу вузла.

### Методика усунення динамічного дисбалансу

Запропонована методика усунення динамічного дисбалансу роторів дорожніх машин полягає в тому, що за серією повторних пусків ротора машини можна визначити й усунути динамічний дисбаланс. Для цього необхідно встановити на ротор автобалансир. Після цього в автобалансир слід встановити два коригувальні вантажі. Далі слід встановити цифровий фотоапарат зі спалахом точно навпроти осі ротора і зробити серію знімків для визначення положення коригувальних вантажів. І, нарешті, потрібно відбалансувати ротор статично, так щоб коригувальні вантажі розійшлися і знаходилися один навпроти одного (рис. 1, а), причому при кожному перезапуску кулі мають займати нове положення. Тобто коригувальні вантажі виступають індикатором положення статичного дисбалансу. Якщо ж кулі займають одне й те саме положення, то в даному роторі наявний динамічний дисбаланс, тобто перекиє осі (рис. 1, б). Для того, щоб остаточно визначити динамічний дисбаланс, необхідно встановити вантаж (дисбаланс).

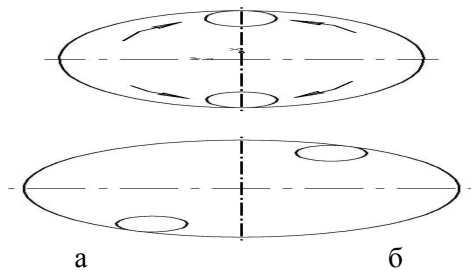


Рис. 1. Статично збалансований ротор: а – нормальне положення осі; б – перекиє осі

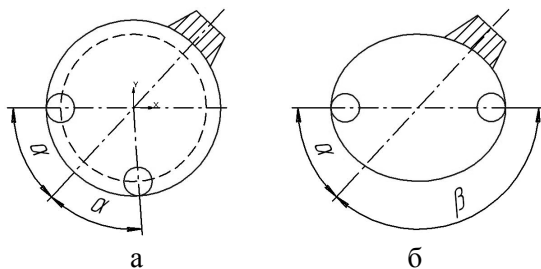


Рис. 2. Реакція коригувальних вантажів на пробний вантаж: а – динамічний дисбаланс відсутній; б – динамічний дисбаланс наявний

За відсутності динамічного дисбалансу коригувальні вантажі займуть симетричне положення щодо вантажу (рис. 2, а), а за його наявності займуть довільне положення, чи взагалі не змінять свого положення (рис. 2, б).

Для усунення динамічного дисбалансу необхідно встановити два вантажі один навпроти одного, під кутом  $90^\circ$  до осі перекоє (рис. 3). Це вирівняє вісь і усуне перекиє, а відповідно, і динамічний дисбаланс.

В якості автобалансуючих пристроїв рекомендовано використовувати вперше розроблені та захищені патентами України автобалансуючі пристрої з рухомими та нерухомими перегородками [2, 3], які мають ряд переваг перед раніше відомими аналогами.

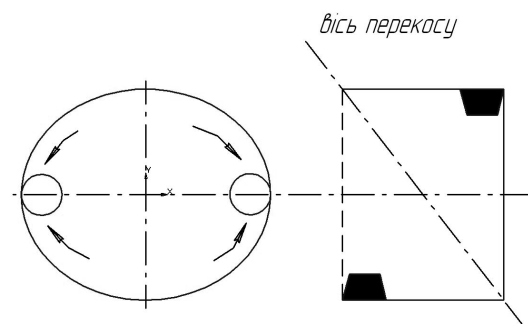


Рис. 3. Усунення динамічного дисбалансу

Даний метод було апробовано з використанням тривимірного комп'ютерного моделювання. За основу було взято дослідний лабораторний ротор (рис. 4). В середовищі «SOLIDWORKS» було створено модель ротора, на який було встановлено автобалансуючий пристрій (рис. 5). Він має ідентичні масово-інерційні і геометричні характеристики з реальним ротором.



Рис. 4. Ротор з автобалансиром

В комп'ютерній моделі ротор і корпус автобалансуючого пристрою виготовлені як одне ціле для спрощення конструкції; дане рішення не впливає на якість моделювання.

Перед початком моделювання зборку було оброблено модулем Cosmos Motion у такій послідовності. Спочатку було визначено рухомі та нерухомі частини моделі. До нерухомих віднесено опору, що утримує ротор, а все інше – до рухомих. Ротор з автобалансуючим пристроєм було закріплено на опорах за допомогою зв'язку «Revolute», який імітує підшипниковий вузол.



Рис. 5. Комп'ютерна модель

Для перевірки правильності встановлення ротора з автобалансуючим пристроєм на нього було встановлено пробний дисбаланс. Ротор під дією сил ваги має повертатися так, щоб дисбаланс після декількох коливань опинився знизу. За допомогою меню «Properties» зв'язку «Revolute» було встановлено трапецеїдальний закон зміни кутової швидкості обертання ротора (рис. 6).

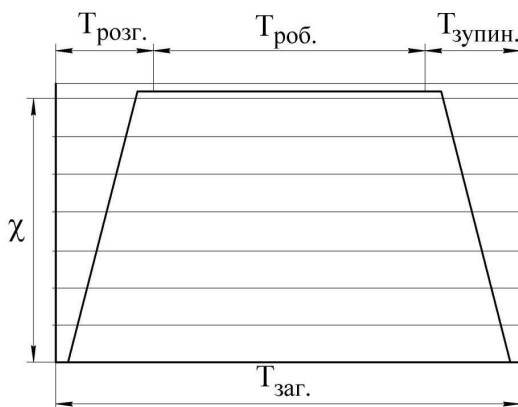


Рис. 6. Трапецеїдальний закон зміни кутової швидкості обертання ротора

Всі досліді виконувалися за крейсерської частоти обертання 800 об/хв із часом розгону та вибігу 3 с.

До корпусу автобалансуючого пристрою встановлюються кулі. За допомогою зв'язку «Fixed» фіксується кришка на корпусі автобалансуючого пристрою. За допомогою інструмента «Contact 3D» рух куль обмежується стінками автобалансуючого пристрою і кришкою. В'язкі сили опору, що перешкоджають відносному рухові куль, моделюються для кожної кулі чотирма демпферами. Величина демпфування для куль підбирається так, щоб кулі під дією сил ваги після декількох коливань скачувалися у нижню частину корпусу автобалансуючого пристрою (рис. 7).

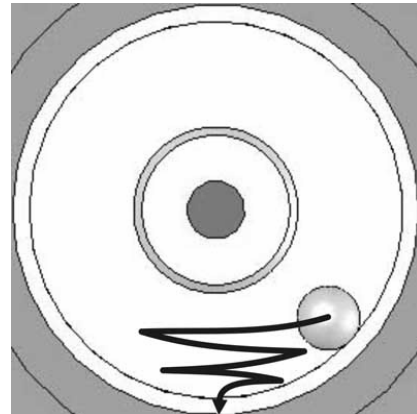


Рис. 7. Налаштування сил опору для куль

За відсутності дисбалансу перевірялась працездатність моделі шляхом запуску ротора із різною кількістю однакових куль (рис. 8).

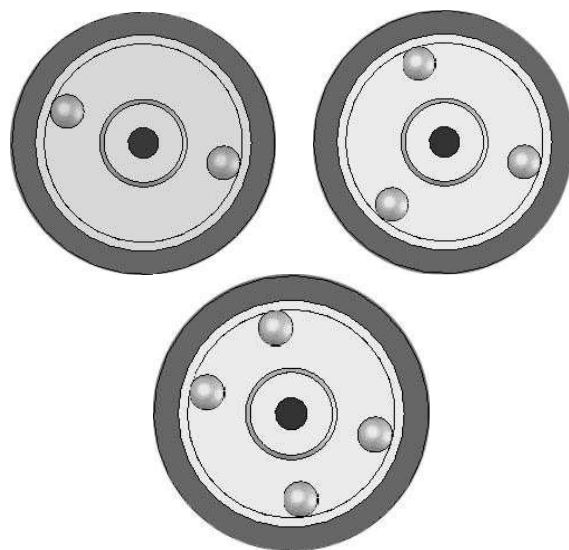


Рис. 8. Перевірка роботи автобалансуючого пристрою без дисбалансу

При двох кулях з часом вони стають по прямій лінії, при трьох – утворюють правильний трикутник і при чотирьох – прямокутник. Це відповідає загальній теорії кульових автобалансуючих пристроїв. Наявність дисбалансу вносить зміну у відносне розташування куль (рис. 9). Тільки у випадку двох куль вони займають відносно ротора одне і тільки одне відповідне положення навпроти дисбалансу.

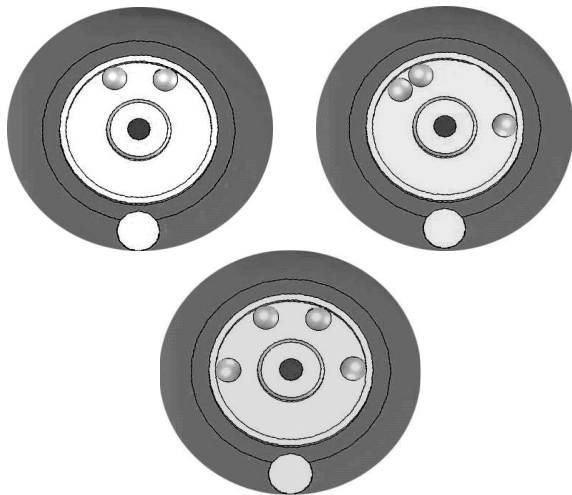


Рис. 9. Перевірка роботи автобалансуючого пристрою з дисбалансом

Налагодження моделі та її тестування забезпечують вірогідність результатів подальшого моделювання.

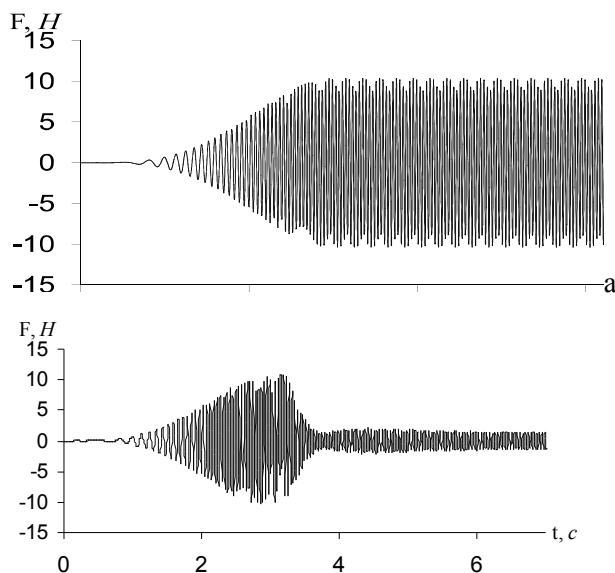


Рис. 10. Навантаження на опори – розгін і автобалансування: а – до зрівноваження; б – після зрівноваження

Після повного налаштування моделі було проведено серію пусків ротора з постійним

динамічним дисбалансом. За положенням куль автобалансуючого пристрою з використанням запропонованої методики було визначено значення і місце дисбалансу.

Для усунення динамічного дисбалансу було встановлено два вантажі один навпроти одного, під кутом  $90^\circ$  до осі перекосу. Після чого було проведено заміри, як змінюються навантаження на опори. Було побудовано графіки (рис. 10), з яких видно ефективність застосування даної методики.

### Висновки

Запропонований метод дозволить з мінімальними затратами праці і часу проводити динамічне балансування роторів дорожніх машин, без використання додаткового обладнання і безпосередньо на самій машині без демонтажу вузла.

Проведене комп'ютерне моделювання підтвердило достовірність запропонованого методу.

### Література

1. Філімоніхін Г.Б. Зрівноваження і віброзахист роторів автобалансирами з твердими коригувальними вантажами: монографія / Г.Б. Філімоніхін. – Кіровоград: КНТУ, 2004. – 352 с.
2. Пат. 26788 У Україна, МПК G01M 1/38, Автобалансуючий пристрій для зрівноваження роторів із похилою віссю обертання / Філімоніхін Г.Б., Яцун В.В., Коваленко О.В.; заявник та патентовласник КНТУ. – № 200704757; заявл. 27.04.2007; опубл. 10.10.2007, Бюл. №16.
3. Пат. 35261 У Україна, МПК G01M 1/100 Автобалансуючий пристрій для зрівноваження роторів із похилою віссю обертання / Філімоніхін Г.Б., Яцун В.В., Коваленко О.В.; заявник та патентовласник КНТУ. – № 200804424; заявл. 07.04.2008; опубл. 10.09.2008, Бюл. №17.

Рецензент: О.Г. Маслов, професор, д.т.н., ХНАДУ.

Стаття надійшла до редакції 15 червня 2012 р.