

УДК 62-752+62-755 : 621.634

Л.С. Олійніченко, асп., Г.Б. Філімоніхін, проф., д-р техн. наук
Кіровоградський національний технічний університет

Комп'ютерна модель процесу автоматичного динамічного зрівноваження двома автобалансирами крильчатки осьового вентилятора

У САПР SolidWorks модернізовано 3D модель осьового вентилятора з автобалансиром у обтічнику встановленням другого автобалансира на хвостовик вала електродвигуна. Із використанням модуля Cosmos Motion проведено обробку, налагодження і тестування моделі. Модернізована 3D модель призначена для комп'ютерного моделювання процесу динамічного зрівноваження крильчатки з ротором електродвигуна двома автобалансирами.

автобалансир, осьовий вентилятор, динамічний дисбаланс, автобалансування, комп'ютерне моделювання

Л.С. Олійніченко, Г.Б. Филимоных
Кировоградский национальный технический университет

Компьютерная модель процесса автоматического динамического уравновешивания двумя автобалансирами крыльчатки осевого вентилятора

В САПР SolidWorks модернизирована 3D модель осевого вентилятора с автобалансиром в обтекательной установке второго автобалансира на хвостовик вала электродвигателя. С использованием модуля Cosmos Motion проведена обработка, отладка и тестирование модели. Модернизированная 3D модель предназначена для компьютерного моделирования процесса динамического уравновешивания крыльчатки с ротором электродвигателя двумя автобалансирами.

автобалансир, осевой вентилятор, динамический дисбаланс, автобалансировка, компьютерное моделирование

Вступ. У виробництві сільськогосподарських машин, насінняосушних, насінняочисних, насіннязберігаючих, насіннявисівних тощо знайшли широке застосування осьові вентилятори [1-5]. Такі машини працюють у несприятливих умовах, через що відбуваються деформації лопатей крильчатки, її перекіс, налипання бруду на лопаті, їх абразивне зношування тощо. Все це призводить до появи значного дисбалансу, що постійно змінюється. Тому їх доцільно автоматично зрівноважувати на ходу у процесі експлуатації пасивними автобалансирами (АБ) [6, 7].

В роботі [8] запропоновано статично зрівноважувати крильчатку осьового вентилятора одним кульовим АБ, розташованим у її обтічнику. В роботі [9] цей процес був досліджений комп'ютерним 3D моделюванням із застосуванням САПР SolidWorks і її модуля Cosmos Motion [10] за методикою, розробленою у роботі [11]. Але статичного автобалансування може виявитися недостатньо, бо крильчатка може одержувати під час роботи вентилятора певний перекіс. Тому доцільно дослідити процес динамічного зрівноважування крильчатки разом з ротором електродвигуна двома кульовими АБ, діючими у двох паралельних площинах корекції.

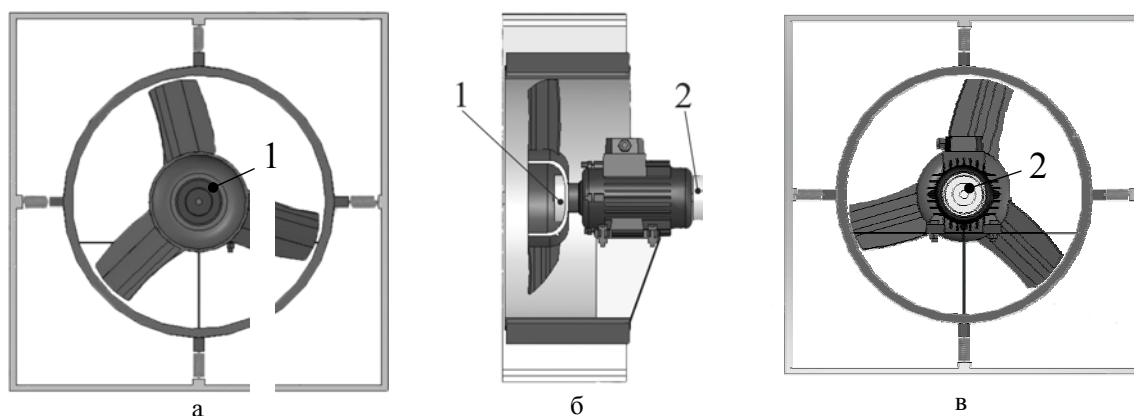
Відомо, що динамічно зрівноважити можливо тільки довгий жорсткий ротор [7]. Крильчатка осьового вентилятора сама по собі є коротким ротором, але в роботі [12]

було встановлено, що короткий ротор динамічно поводить себе як довгий за умови його встановлення у важкий в'язко-пружно закріплений корпус. В роботі [13] був запропонований спосіб динамічного зрівноваження коротких роторів, встановлених у в'язко-пружно закріплений корпус. Експериментальні дослідження на спеціально створеному стенді [14] підтвердили працездатність способу і його застосовність для осьових вентиляторів.

У даній роботі із застосуванням САПР SolidWorks і її модуля Cosmos Motion створюється 3D модель, призначена для дослідження процесу динамічного зрівноваження двома автобалансирами крильчатки і електродвигуна осьового вентилятора.

1. Створення комп'ютерної моделі. Модернізується існуюча 3D модель промислового осьового вентилятора ВО 06-300 №4 з кульовим АБ у обтічнику крильчатки [9] шляхом встановлення другого АБ на хвостовику вала електродвигуна. Параметри другого АБ (балансувальна ємність, радіус бігової доріжки, діаметри і кількість куль) розраховані за методикою, наведеною у роботі [14].

На першому етапі у SolidWorks було створено деталі другого АБ (рис. 2). Вони додаються в складальну одиницю (рис. 1) з використанням інструментів спряження – “Концентричность”, “Совпадение” “Касательность” для відповідних окружностей, поверхонь, площин, осей і точок. За допомогою інструмента спряження “Концентричность”, внутрішня окружність корпусу АБ спрягається з зовнішньою окружністю вала електродвигуна. За допомогою інструменту спряження “Касательность”, який застосовується по два рази для кожної кулі, забезпечується дотичність між поверхнями куль і поверхнями бігової доріжки в другому АБ.

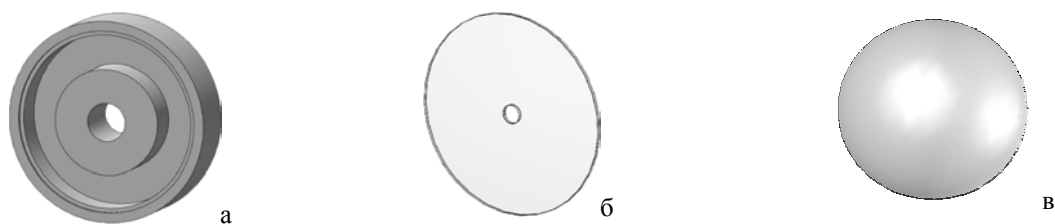


1 – АБ крильчатці; 2 – АБ хвостовику

а – вид спереду; б – вид збоку (розріз); в – вид ззаду

Рисунок 1 – Модернізована комп'ютерна модель осьового вентилятора

Наступним етапом є накладання за допомогою модуля Cosmos Motion кінематичних в'язей на рух створених деталей. Корпус нового АБ (рис. 2, а), його кришку (рис. 2, б) і кулі (рис. 2, в) приймаємо як рухомі деталі (Moving Part). За допомогою в'язі “Fixed Joint” задається фіксоване положення АБ відносно вала електродвигуна. А при застосуванні в'язі типу петля “Revolute Joint” задається обертання АБ разом з валом електродвигуна навколо осі вала. Рух куль задається за допомогою в'язі “Касательность”, яка надає кулям можливість рухатися в середині корпусу АБ, доторкаючись до нижньої і бічної граней. За допомогою в'язі “Fixed Joint ” задається фіксоване положення кришки на корпусі АБ.



а – корпус АБ; б – кришка; в – куля

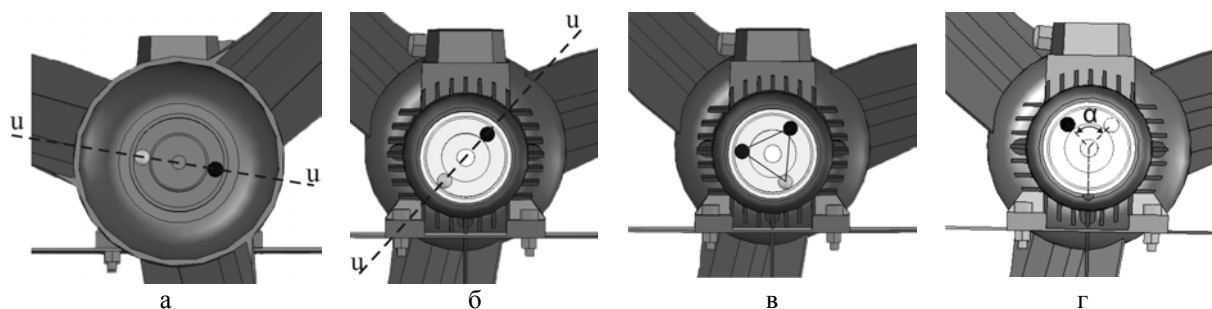
Рисунок 2 – Деталі АБ у хвостовику електродвигуна

Останнім етапом обробки складальної одиниці є задання силових взаємодій між новими деталями. В'язкі сили опору, що перешкоджають відносному рухові куль моделюються для кожної кулі двома демпферами за допомогою інструменту "Damper", а саме – поступальних демпферів (Translational Damper) з лінійними характеристиками. Демпфери зв'язують центри куль з точками, які відносно корпусу АБ є нерухомими. Величини коефіцієнтів сил опору демпферів однакові і підбирається так, щоб кулі під дією сил ваги після декількох коливань скачувалися у нижню частину корпусу АБ.

Модернізована модель дозволяє вивчати процес динамічного зрівноваження крильчатки осьового вентилятора у зборі із ротором електродвигуна двома кульовими АБ, зокрема досліджувати вплив зміни певних параметрів системи на час настання автобалансування.

2. Налаштування і тестування комп'ютерної моделі. Перевірка комп'ютерної моделі проводиться на найпростіших тестових задачах, розв'язки яких відомі, а результати моделювання легко інтерпретуються.

Тест. 1 – проводиться при відсутності дисбалансів у площинах АБ. Перевіряється працездатність моделі шляхом запуску вентилятора із різною кількістю однакових куль в АБ (рис. 3, а-в). В цьому випадку після настання автобалансування кулі повинні розташуватися так, щоб не утворювати дисбалансу. При двох кулях з часом вони вибудовуються по прямій лінії (рис. 3, а, б), при трьох - утворюють правильний трикутник (рис. 3, в), що відповідає теорії кульових АБ. Як видно (рис. 3, а, б) поведінка куль в АБ в обтічнику подібна до поведінки куль в АБ на хвостовику.



а – АБ з двома кулями в обтічнику крильчатки; б – АБ на хвостовику ротора з двома, в – трьома кулями; г – АБ з двома кулями на хвостовику ротора при наявності дисбалансу

Рисунок 3 – Положення куль в АБ після настання автобалансування у випадках

Тест 2 – проводиться при наявності чи відсутності дисбалансів у площинах корекції АБ, та двох чи трьох кулях в кожному АБ наступним чином. Дисбаланс послідовно встановлюється спочатку тільки в одній площині, потім – тільки в другій, і у решті решт – у двох площинах зрівноваження одночасно. При цьому за наявності дисбалансу в площині корекції АБ у ньому встановлюються 2 кулі, а при відсутності – 2 або 3.

Результати тестів наступні:

- кожен АБ зменшує дисбаланс безпосередньо в своїй площині корекції, тобто в кожній площині автобалансування настає не залежно одна від одної;
- при відсутності дисбалансу в площині корекції певного АБ, як і в тесті 1, дві кулі вибудовуються по прямій лінії, три – утворюють правильний трикутник;
- при наявності дисбалансу у площині корекції певного АБ його кулі вибудовуються навпроти дисбалансу і розходяться рівно на такий кут α , щоб його зрівноважити (рис. 3, г).

Налагоджування моделі і її тестування забезпечують достовірність отриманих результатів при подальшому моделюванні.

3. Дослідження впливу на час настання автобалансування сил ваги і параметрів дисбалансу

Вплив на час настання автобалансування сил ваги. Відсутність сил ваги відповідає вертикальному розташуванню осі обертання крильчатки, а наявність – горизонтальному. Умови проведення випробовувань і їх результати наведені у табл. 1. З табл.1 видно, що в більшості випадків сили ваги збільшують час настання автобалансування, так як вони намагаються тримати кулі у нижній частині АБ, чим заважають розбігу куль. Також було встановлено, що при відсутності сил ваги початковий кут між векторами дисбалансів у різних площинах (параметри дисбалансу) не впливає на швидкість настання автобалансування, а при наявності – дещо впливає.

Таблиця 1 – Вплив гравітації на час настання автобалансування

№ експерименту	Кількість куль		Наявність дисбалансів, кут між ними, <i>град</i>			Час настання автобалансування (<i>c</i>) при			
						відсутності гравітації		наявності гравітації	
	АБп	АБз	АБп	АБз	Кут	АБп	АБз	АБп	АБз
1	3	3	-	-	-	3.0	3.0	4.0	4.0
2	3	2	-	+	-	3.0	5.5	4.0	6.0
3	2	3	+	-	-	5.5	3.0	5.5	4.0
4	2	2	+	+	0	6.0	5.5	5.5	7.0
5	2	2	+	+	90	6.0	5.5	5.0	6.5
6	2	2	+	+	180	6.0	5.5	5.5	5.5

Вплив на час настання автобалансування модулів дисбалансів та кута між їх векторами при наявності сил ваги Умови проведення випробовувань і їх результати наведені у табл. 2.

Таблиця 2 – Вплив параметрів дисбалансу на час настання автобалансування

№ експерименту	Дисбаланс: кут, <i>град</i> ; маса, <i>г</i>			Час настання автобалансування, <i>c</i>	
	Кут	АБп	АБз	АБп	АБз
1	-	-	-	4.0	4.0
2	0	8	6	6.0	7.0
3		6	8	5.5	5.5
4	90	8	6	5.0	6.5
5		6	8	5.0	5.5
6	180	8	6	6.0	6.0
7		6	8	5.5	5.5

З табл. 2 видно, що наявність дисбалансу збільшує час настання автобалансування на 20 – 42 %. Кут між векторами дисбалансів дещо впливає на швидкість настання автобалансування, але цей вплив не значний.

Висновки.

1. Створена 3D модель промислового осьового вентилятора ВО 06-300 №4 з кульовими АБ у обтічнику крильчатки і на хвостовику вала електродвигуна призначена для дослідження процесу динамічного зрівноваження двома автобалансирами крильчатки і ротора електродвигуна;
2. Із застосуванням 3D моделі можна проводити як окремі віртуальні експерименти, так і багато- чи повнофакторні.
3. Проведені експерименти дозволяють заключити, що:
 - АБ зрівноважують дисбаланс кожен у своїй площині не залежно один від одного;
 - сили тяжіння збільшують час настання автобалансування;
 - збільшення маси дисбалансу збільшує час настання автобалансування;
 - при горизонтальному розташуванні осі обертання крильчатки спостерігається певний вплив кута між векторами дисбалансів у двох площинах на швидкість настання автобалансування.

Список літератури

1. Зерноочистительные машины. Конструкция, исследование, расчет и испытание / Бурков А.И., Сычугов Н.П. – Киров: изд-во НИИСХ Северо-Восток, 2000. – 258 с.
2. Гержой А.П., Самочетов В.Д. Зерносушение и зерносушилки. М.: Хлебоиздат, 1967. – 250 с.
3. Висівні апарати сівалок (еволюція конструкцій, розрахунки параметрів) [Текст] : посібник для студ. вищих навч. закл. із спец. "Машини та обладнання с.-г. виробництва" / П. В. Сисолін, М. О. Свірень ; Кіровоградський національний технічний ун-т. - Кіровоград : [б.в.], 2004. - 160 с.
4. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування [Текст] : підруч. для студ. вищ. навч. закл. із спец. "Машини та обладнання с.-г. виробництва" / ред. М. І. Черновол. Машини для рільництва, Кн. 1 / П. В. Сисолін, В. М. Сало, В. М. Кропивний. - К. : Урожай, 2001. - 384 с.
5. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування [Текст] : підруч. для студ. вищ. навч. закл. із спец. "Машини та обладнання с.-г. виробництва" / ред. М. І. Черновол. Машини для рільництва, Кн. 2 / П. В. Сисолін, Т. І. Рибак, В. М. Сало. - К. : [б.в.], 2002. - 364 с.
6. Гусаров А.А. Автобалансирующие устройства прямого действия / Гусаров А.А. – М.: Наука, 2002. – 119 с.
7. Філімоніхін Г.Б. Зрівноваження і віброзахист роторів автобалансирами з твердими коригувальними вантажами / Філімоніхін Г.Б. – Кіровоград: КНТУ, 2004. – 352 с.
8. Філімоніхін Г.Б. Зрівноваження крильчаток осьових вентиляторів пасивними автобалансирами / Філімоніхін Г.Б. Яцун В.В. // Збірник наукових праць КНТУ. – 2007, вип. 18.- С. 8–13.
9. Філімоніхін Г.Б. Числове моделювання процесу зрівноваження кульовими автобалансирами крильчатки осьового вентилятора / Філімоніхін Г.Б., Яцун В.В. // Вісник гірничого університету. – 2008. №10.- С. 72–77.
10. Алямовский А.А. COSMOSWorks. Основы расчета конструкций на прочность в среде SolidWorks. – М.: ДМК Пресс, 2010. – 784 с.
11. Філімоніхін Г.Б. Дослідження процесу зрівноважування ротора двомаятниковим автобалансиром із застосуванням програми Solid Works і модуля Motion / Філімоніхін Г.Б., Коваленко О.В. // Український міжвідомчий науково-технічний збірник «Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні». –2006. –Вип №40. –С. 254–261.
12. Філімоніхін Г.Б. Стійкість основних рухів системи – ротор з нерухомою точкою, корпус і автобалансир / Г.Б.Філімоніхін, В.В.Гончаров // “Східно-європейський журнал передових технологій“, 2011, Вип. 2/3 (50).- С. 18–22.
13. Пат. 74641 України на корисну модель, МПК G01M 1/32 (2006.01), F04D 29/66 (2006.01), Спосіб динамічного балансування жорсткого ротора пасивними автобалансирами / Філімоніхін Г.Б., Гончаров В.В., Олійніченко Л.С.; заявник та патентовласник Кіровоградський нац. техн. університет. – № u201203307; заявл. 20.03.2012; опубл. 12.11.2012, Бюл. №21.
14. Філімоніхін Г.Б. Експериментальне визначення ефективності динамічного зрівноваження кульовими автобалансирами крильчатки осьового вентилятора / Г.Б.Філімоніхін, Л.С.Олійніченко // Український міжвідомчий н.-т. Збірник „Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні“, Львів: НУ «Львівська політехніка», 2011.- Вип. №45.- С. 496-503.

Lubov Olijnichenko, Gennady Filimonikhin

Kirovograd national technical university

Computer model of process of an automatic dynamic balancing by two auto-balancer of impeller of axial fan

We study the process of dynamic balancing of the axial fan impeller by two ball auto-balancers whis using SolidWorks CAD software and its module Cosmos Motion.

For this were upgraded computer model of an axial fan with ball auto-balancer in the radome of fan by installing a second auto-balancer on a shaft of the engine. Thus with the help of CAD SolidWorks were created the parts of second auto-balancer and added to the assembly. With the module Cosmos Motion were set kinematic relations and interaction force between the parts of the new auto-balance.

Debugging and testing of a computer model was conducted of elementary problems whose solutions are known and the simulation results are easily interpreted. As a result the resulting model is the computer analog of the full-scale stand with the same characteristics. It is suitable for the virtual multi- factorial and full- factorial experiments to select the optimal parameter values of fan and auto-balancers.

With using of the created model were investigated the effect of gravity and the parameters of an imbalance in the auto-balancing process.

auto-balancer, axial fan, dynamic imbalance, auto-balancing, computer modeling

Одержано 31.10.13

УДК 534.1

В.П. Ольшанский, проф., д-р физ.-мат. наук, С.В. Ольшанский, кан. физ.-мат. наук

Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства им. Петра Василенко

ВБК-метод в расчётах колебаний механизмов с переменной массой звеньев

Показано, что при определённых ограничениях ВБК-метод позволяет с высокой точностью провести расчёт в элементарных функциях затухающих колебаний системы с одной степенью свободы, когда точное решение задачи динамики выражается через функции Бесселя нецелого индекса.

колебания, осцилятор переменной массы, ВБК-метод, функции Бесселя

В.П. Ольшанський, С.В. Ольшанський

Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. Петра Василенка

ВБК-метод в розрахунках коливань механізмів зі змінною масою ланок

Показано, що за певних обмежень ВБК – метод дозволяє з високою точністю провести розрахунок в елементарних функціях затухаючих коливань системи с одним ступенем свободи, коли точний розв’язок задачі динаміки виражається через функції Бесселя нецілого індексу.

коливання, осцилятор змінної маси, ВБК-метод, функції Бесселя

Введение. В земледелии используют сельскохозяйственные машины и механизмы с переменной массой или упругостью звеньев. Исследование динамических свойств таких элементов конструкций относится к актуальным научно-прикладным задачам. Это, в своё время подчёркивал основоположник земледельческой механики академик В.П. Горячкин. Вот, что писал по этому поводу его лучший ученик академик