

Філімоніхін Г. Б.

Олійніченко Л. С.

*Кіровоградський
національний технічний
університет*

Filimonikhin G. B.

Olijnichenko L. S.

*Kirovograd National
Technical University*

УДК 62-752+62-755:621.634

ЗРІВНОВАЖЕННЯ ПАСИВНИМИ АВТОБАЛАНСИРАМИ ЗВИЧАЙНОГО І АЕРОДИНАМІЧНОГО ДИСБАЛАНСІВ КРИЛЬЧАТКИ ОСЬОВОГО ВЕНТИЛЯТОРА

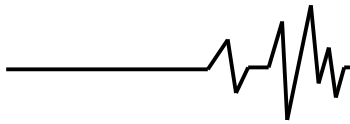
Досліджується можливість автоматичного зрівноважування пасивними автобалансирами звичайного і аеродинамічного дисбалансів крильчатки осьового вентилятора. Передбачається, що крильчатка неточно виготовлена або насаджена на вал з ексцентриситетом і перекосом. З використанням дискової теорії гвинта знайдені головні вектор і момент аеродинамічних сил, що діють на обертову у початково нерухомому повітрі (газі) крильчатку осьового вентилятора. Знайдений відповідний їм аеродинамічний дисбаланс. Встановлено його аналогія з дисбалансом від незрівноважених мас. Також знайдено його відмінність, що полягає в залежності аеродинамічного дисбалансу від густини повітря (газу). Зроблено висновок про можливість зрівноважування аеродинамічного дисбалансу корегуванням мас до початку експлуатації вентилятора, і про можливість статичного чи динамічного зрівноважування звичайного і аеродинамічного дисбалансів пасивними автобалансирами під час роботи вентилятора.

Ключові слова: осьовий вентилятор, крильчатка, короткий ротор, автобалансири, дисбаланс, аеродинамічний дисбаланс, автобалансирування.

Постановка проблеми. Осьові вентилятори широко застосовуються у промисловості і побуті [1]. Основним джерелом вібрацій вентиляторних машин є звичайний і аеродинамічний дисбаланси їх крильчаток [2-5]. Ці дисбаланси усувають до початку експлуатації вентилятора. Але під час роботи вентилятора негативні фактори призводять до звичайного і аеродинамічного розбалансування крильчатки, що значно збільшує вібрації машини. Тому крильчатку доцільно постійно дозрівноважувати під час роботи вентилятора. Для цього можуть бути застосовні пасивні автобалансири [6, 7]. В них коригувальні вантажі за певних умов можуть самі приходити в те положення, в якому зрівноважують звичайний і аеродинамічний дисбаланси.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В роботах [1-5] показано, що джерелом вібрацій осьових вентиляторів є звичайний дисбаланс обертових частин у зборі (крильчатка з валом чи ротором

електродвигуна), та аеродинамічний дисбаланс, що виникає від неточності виготовлення і насадження крильчатка на вал. В цих роботах пропонується усувати ці дисбаланси до початку експлуатації вентилятора. Для цього спочатку усувається аеродинамічний дисбаланс правкою форми крильчатка, а потім усувається звичайний дисбаланс шляхом балансування обертових частин вентилятора у зборі. Але крильчатка вентиляторів під час експлуатації зношуються, деформуються, на них налипає пил та бруд тощо, від чого постійно порушується автобалансирування, бо з'являються змінні у часі звичайні і аеродинамічні дисбаланси [1-5]. Для зрівноваження змінних дисбалансів застосовують пасивні автобалансири [6, 7]. В роботі [8] досліджено можливість зрівноваження одним пасивним автобалансиром статичного дисбалансу крильчатка в процесі експлуатації, при цьому аеродинамічний дисбаланс не враховувався.



Оскільки крильчатка може бути насадженою на вал з ексцентриситетом і перекосом чи її лопаті можуть бути виготовленими з дефектами – виникає динамічний дисбаланс, як звичайний, так і аеродинамічний. В роботах [9, 10] було досліджено можливість зрівноваження двома пасивними автобалансирами звичайного динамічного дисбалансу обертових частин вентилятора. При цьому дія аеродинамічних сил на крильчатку не враховувалася.

Невирішені частини проблеми. На сьогодні не з'ясовано, чи будуть пасивні автобалансири зрівноважувати разом із звичайним дисбалансом аеродинамічний дисбаланс крильчатки осьового вентилятора. Зокрема, не порівняно звичайний і аеродинамічний дисбаланси крильчатки, не

з'ясовано, чи є між ними аналогії і які відмінності.

Метою дослідження є дослідження можливості зрівноваження пасивними автобалансирами звичайного і аеродинамічного дисбалансів крильчатки осьового вентилятора.

Основні результати дослідження.

1. Опис системи. Припускається, що ротор і крильчатка насажені на жорсткий вал (рис. 1). Система обертається навколо подовжньої осі вала в початково нерухомому повітрі (газі) із постійною кутовою швидкістю ω .

Осі $O_i x_i y_i z_i$, $/i=1,2,3/$, що застосовуються показані на рис. 1.

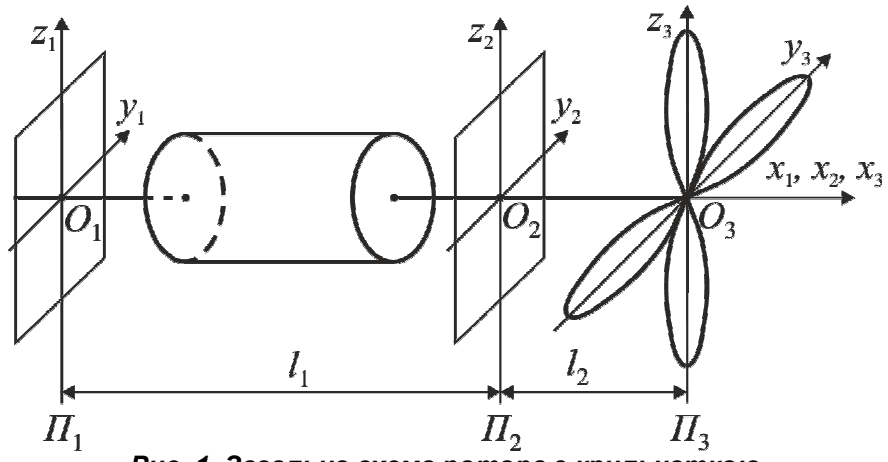


Рис. 1. Загальна схема ротора з крильчаткою

Відповідно до загальної теорії автобалансування [6], звичайний дисбаланс обертових частин в зборі моделюється двома точковими масами m_1 , m_2 , розташованими,

відповідно, в двох площинах корекції – Π_1 , Π_2 на відстані r від подовжньої осі вала (рис. 2).

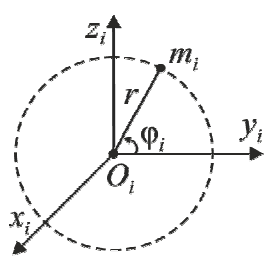


Рис. 2. Моделювання звичайного дисбалансу в і-ій площині корекції

Крильчатка має не менше 3 лопатей, розташованих з рівним кроком. Лопаті виконані з дефектом і вона насаджена на вал з ексцентриситетом і перекосом.

2. Зведення аеродинамічних сил до головного вектору і моменту. За центр зведення аеродинамічних сил обрано центр

крильчатки (т. O_3). Головний вектор і головний момент мають проекції на осі $O_3 x_3 y_3 z_3$ відповідно R_x, R_y, R_z і M_x, M_y, M_z (рис. 3).

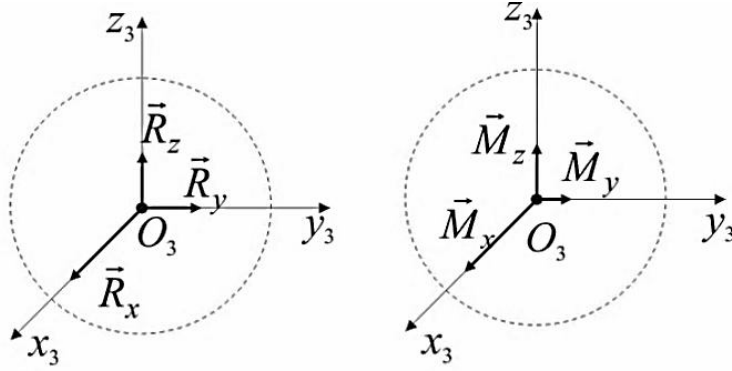
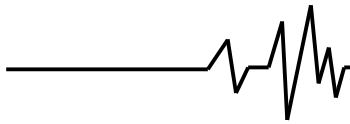


Рис. 3. Головний вектор і головний момент аеродинамічних сил

Зауважимо, що ці вектори мають поперечні щодо поздовжньої осі ротора складові через неточність виготовлення і насадження на вал крильчатки. Ці складові утворюють аеродинамічний дисбаланс і можуть відхиляти поздовжню вісь вала від осі обертання як поступально, так і обертально.

3. Приведення аеродинамічних сил до двох площин корекції. На рис. 4 показані сили $\vec{F}_{1y}^{(a)}$, $\vec{F}_{1z}^{(a)}$, $\vec{F}_{2y}^{(a)}$, $\vec{F}_{2z}^{(a)}$, що знаходяться в площинах корекції і статично еквівалентні аеродинамічним силам.

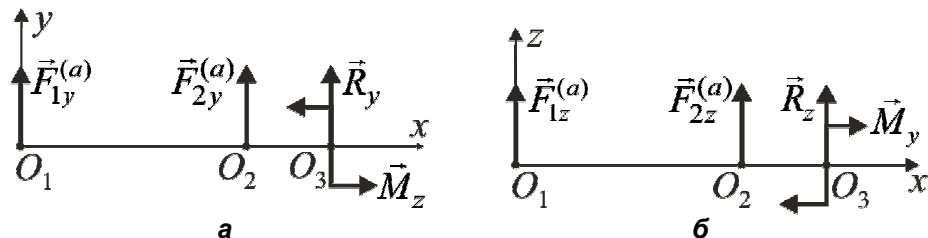


Рис. 4. Схема приведення аеродинамічних сил до двох площин корекції

З умов статичної еквівалентності (не рівноваги) можна отримати такі проєкції зведених аеродинамічних сил:

$$\begin{aligned}
 F_{1y}^{(a)} &= -(M_z + R_y \cdot l_2) / l_1, \\
 F_{1z}^{(a)} &= (M_y - R_z \cdot l_2) / l_1, \\
 F_{2y}^{(a)} &= -[M_z + R_y \cdot (l_1 + l_2)] / l_1, \\
 F_{2z}^{(a)} &= [M_y - R_z \cdot (l_1 + l_2)] / l_1. \quad (1)
 \end{aligned}$$

4. Визначення аеродинамічних сил за дисковою теорією гвинта [11-14]. За класифікацією Александрова В.Л. [11] це теорія третього типу, бо призначена для обчислення головного вектора і головного моменту аеродинамічних сил. Вона полягає у наступному.

Гвинт розглядається як плоский диск радіуса R , де R - радіус гвинта. Вважається що він рівномірно по своїй площі πR^2 розганяє повітря, що проходить через нього. У дисковій теорії гвинта прийнято основні аеродинамічні

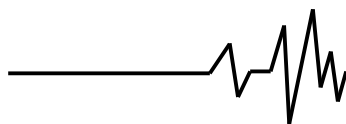
характеристики виражати через швидкість обертання кінця лопаті (ωR) і площу диска обертання гвинта (πR^2) [11, 12]. Аеродинамічні сили розраховуються за допомогою спеціально введених безрозмірних коефіцієнтів.

Тяга гвинта (аеродинамічна осьова сила, що діє на гвинт) та крутильний момент гвинта (аеродинамічний момент, який перешкоджає обертанню гвинта) визначаються за формулами, подібними для підйомної сили крила

$$\begin{aligned}
 T = R_x &= 0,5c_T \rho (\pi R^2) (\omega R)^2, \\
 M_{кр} = M_x &= 0,5m_{кр} \rho (\pi R^2) (\omega R)^2 R, \quad (2)
 \end{aligned}$$

де c_T - безрозмірний коефіцієнт тяги гвинта, $m_{кр}$ - безрозмірний коефіцієнт крутильного моменту, ρ - густина повітря (газу).

Поперечні аеродинамічні сили і моменти обчислюється за аналогічними формулами



$$R_y = 0,5c_y \rho (\pi R^2) (\omega R)^2, \quad R_z = 0,5c_z \rho (\pi R^2) (\omega R)^2,$$

$$M_y = 0,5m_y \rho (\pi R^2) (\omega R)^2 R, \quad M_z = 0,5m_z \rho (\pi R^2) (\omega R)^2 R, \quad (3)$$

де c_y, c_z, m_y, m_z - безрозмірні коефіцієнти, що залежать від неточності виготовлення крильчатки, чи від неточності її насадження на вал. Вони визначаються експериментально чи теоретично за основними законами аеродинаміки.

5. Порівняння звичайного і аеродинамічного дисбалансів. Введемо у розглядання коефіцієнт

$$B = 0,5\rho(\pi R^2)R^2. \quad (4)$$

Тоді аеродинамічні сили (2), (3) приймуть вигляд

$$T = R_x = c_T B \omega^2,$$

$$M_{кр} = M_x = m_{кр} B R \omega^2,$$

$$R_y = c_y B \omega^2, \quad R_z = c_z B \omega^2,$$

$$M_y = m_y B R \omega^2, \quad M_z = m_z B R \omega^2. \quad (5)$$

Підставляємо це в проекції зведених аеродинамічних сил (1). Після перетворень заносимо ці проекції до табл. 1. Також у табл. 1 заносимо відцентрові сили від точкових незрівноважених мас.

Таблиця 1

Сили, що діють на ротор з крильчаткою і створені дисбалансами

п/п	Відцентрові сили інерції	Аеродинамічні сили
1	$I_{1y} = m_1 r \omega^2 \cos \varphi_1$	$F_{1y}^{(a)} = -B(m_z R + c_y l_2) \omega^2 / l_1$
2	$I_{1z} = m_1 r \omega^2 \sin \varphi_1$	$S_{1z}^{(a)} = B(m_y R - c_z l_2) \omega^2 / l_1$
3	$I_{2y} = m_2 r \omega^2 \cos \varphi_2$	$F_{2y}^{(a)} = -B[m_z R + c_y (l_1 + l_2)] \omega^2 / l_1$
4	$I_{2z} = m_2 r \omega^2 \sin \varphi_2$	$F_{2z}^{(a)} = B[m_y R - c_z (l_1 + l_2)] \omega^2 / l_1$

У табл. 2 внесені звичайний і аеродинамічний дисбаланси, що відповідають відцентровим і аеродинамічним силам.

Таблиця 2

Дисбаланси ротора з крильчаткою

п/п	Звичайний дисбаланс	Аеродинамічний дисбаланс
1	$S_{1y}^{(3)} = m_1 r \cos \varphi_1$	$S_{1y}^{(a)} = -B(m_z R + c_y l_2) / l_1$
2	$S_{1z}^{(3)} = m_1 r \sin \varphi_1$	$S_{1z}^{(a)} = B(m_y R - c_z l_2) / l_1$
3	$S_{2y}^{(3)} = m_2 r \cos \varphi_2$	$F_{2y}^{(a)} = -B[m_z R + c_y (l_1 + l_2)] / l_1$
4	$S_{2z}^{(3)} = m_2 r \sin \varphi_2$	$F_{2z}^{(a)} = B[m_y R - c_z (l_1 + l_2)] / l_1$

Сумарний дисбаланс обертових частин в зборі визначається за формулами:

$$S_{1y} = S_{1y}^{(3)} + S_{1y}^{(a)}, \quad S_{1z} = S_{1z}^{(3)} + S_{1z}^{(a)},$$

$$S_{2y} = S_{2y}^{(3)} + S_{2y}^{(a)}, \quad S_{2z} = S_{2z}^{(3)} + S_{2z}^{(a)}. \quad (6)$$

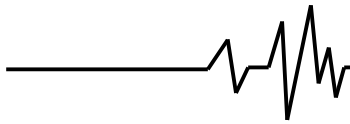
Порівняння двох дисбалансів показує, що у рамках прийнятої моделі: аеродинамічний дисбаланс подібний звичайному, бо обидва дисбаланси приводяться до двох площин корекцій і сили від них пропорційні квадратові кутової швидкості обертання ротора; аеродинамічний дисбаланс відрізняється від звичайного тим, що він прямопропорційний

густині повітря, через що може змінюватися залежно від розташування вентилятора щодо рівня моря та погодних умов.

6. Визначення поперечних аеродинамічних сил і моментів у випадку насадження крильчатки на вал з ексцентриситетом і перекосом.

Припускаємо, що:

- поступальні і обертальні відхилення подовжньої осі ротора від осі обертання малі і не впливають на аеродинамічні сили;
- ідеально виготовлена крильчатка насаджена на вал з ексцентриситетом і перекосом;



- ексцентриситет і перекіс незначні і тому не впливають на величини подовжньої сили T і крутильного моменту $M_{кр}$;
 - ексцентриситет і перекіс більші за поступальні і обертальні відхилення подовжньої осі ротора від осі обертання і тому останні не впливають на поперечні складові аеродинамічних сил і моментів.
- За таких припущень аеродинамічні сили, що діють на крильчатку, зведуться до головних

вектора і момента, модулі яких T і $M_{кр}$ визначаються за формулами (2), які прикладено до центру крильчатки і які направлено по подовжній осі крильчатки. Тому (рис. 5) поперечні аеродинамічні сили створюються поперечними складовими сили \vec{T} , а поперечні моменти – як поперечними складовими вектора-момента $\vec{M}_{кр}$, так і прикладеною з ексцентриситетом \vec{e} силою \vec{T} .

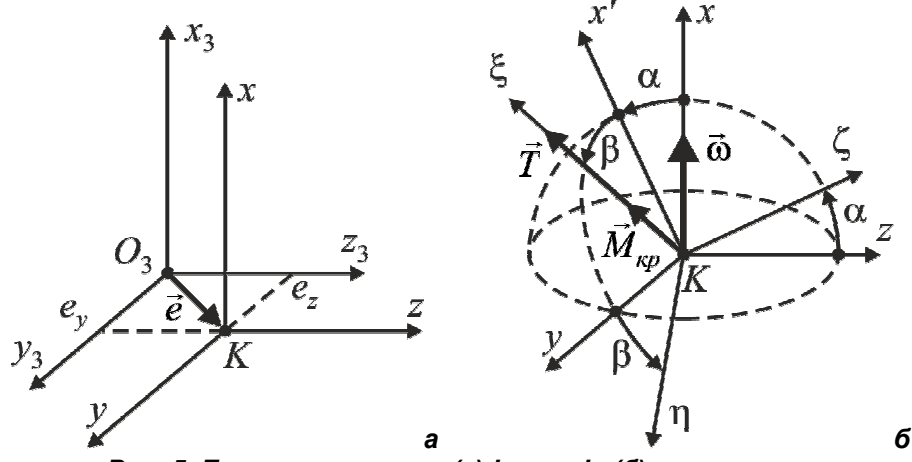


Рис. 5. Ексцентриситет (а) і перекіс (б) крильчатки

З рис. 5, з точністю до величин першого порядку малості включно, знаходимо:

$$R_y = T \sin \beta \approx c_T \beta \approx (c_T \beta) B \omega^2, \quad R_z = -T \cos \beta \sin \alpha \approx -T \alpha \approx (-c_T \alpha) B \omega^2,$$

$$M_y = (T \cos \beta \cos \alpha) e_z + M_{кр} \sin \beta \approx T e_z + M_{кр} \beta \approx c_T B \omega^2 e_z + m_{кр} B R \omega^2 \beta =$$

$$= (c_T e_z + m_{кр} R \beta) B \omega^2,$$

$$M_z = -(T \cos \beta \cos \alpha) e_y - M_{кр} \cos \beta \sin \alpha \approx -T e_y - M_{кр} \alpha \approx$$

$$\approx -c_T B \omega^2 e_y - m_{кр} B R \omega^2 \alpha \approx (-c_T e_y - m_{кр} R \alpha) B \omega^2. \quad (7)$$

Порівнюючи формули (5) і (7), знаходимо

$$c_y = c_T \beta, \quad c_z = -c_T \alpha, \quad m_y = c_T e_z + m_{кр} R \beta, \quad m_z = -(c_T e_y + m_{кр} R \alpha). \quad (8)$$

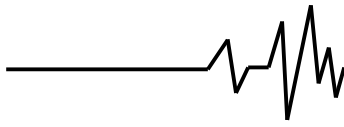
Зауважимо, що аеродинамічні сили і аеродинамічний дисбаланс можна знайти, використовуючи інші теорії гвинта. Наприклад, якщо кожна лопать гвинта виконана із дефектом (всі лопаті різні), то для цього можна використовувати теорію гвинта Загордана [14, 15].

Висновки. З врахуванням одержаних результатів і основних результатів теорії пасивних автобалансирів [6, 7] було зроблено такі висновки про можливість зрівноваження пасивними автобалансирами звичайного і аеродинамічного дисбалансів крильчатки осьового вентилятора, коли вона обертається у початково нерухомому повітрі.

1. Аеродинамічний і звичайний дисбаланси можна зрівноважити корегуванням мас ротора до початку його експлуатації, але залишковий дисбаланс буде змінюватися в залежності від густини повітря (газу).

2. Аеродинамічний і звичайний дисбаланси доцільно неперервно дозрівноважувати при роботі вентилятора пасивними автобалансирами, причому якщо обертальні частини вентилятора у зборі утворюють:

- короткий ротор, то його можна зрівноважити тільки статично одним пасивним автобалансиром, розташованим у площині статичного дисбалансу;



- довгий ротор, то його можна зрівноважити як статично одним пасивним автобалансиром, розташованим у площині статичного дисбалансу, так і динамічно – двома пасивними автобалансирами, розташованими у двох різних площинах корекції.

Список використаних джерел

1. Поляков В. В. Насосы и вентиляторы / Поляков В.В., Л. С. Скворцов. – М.: Стройиздат, 1990. – 336 с.

2. Зиборов К.А. Дисбаланс как один из основных факторов влияющий на работу роторов шахтных вентиляторов главного проветривания [Текст] / К.А. Зиборов, Г.К. Ванжа, В.Н. Марьенко // Современное машиностроение. Наука и образование. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, – 2013, № 3. – С. 734–740. – Режим доступа: URL: http://www.mmf.spbstu.ru/mese/2013/734_740.pdf

3. Пат. 2419773 РФ, МПК G01M 1/00 (2006.01), Способ низкооборотной балансировки массы и аэродинамики высокооборотного лопаточного ротора [Текст] / Суворов Л.М.; заявитель и патентообладатель Суворов Л.М. – № 2009109011/28; заявл. 11.03.2009; опубл. 27.05.2011, Бюл. №15.

4. Корнеев Н.В. Аэродинамический дисбаланс турбоагрегатов и алгоритмы его прогнозирования [Текст] / Н.В. Корнеев // Машиностроитель. - 2008. - N 10. - С. 24-27

5. Корнеев, Н.В. Расчет аэродинамического дисбаланса ротора турбокомпрессора ДВС [Текст] / Н.В. Корнеев, Е.В. Полякова // Автомобильная промышленность. - 2014. - № 8. - С. 13-16.

6. Філімоніхін Г.Б. Зрівноваження і віброзахист роторів автобалансирами з твердими коригувальними вантажами [Текст] / Г.Б. Філімоніхін. Монографія. - Кіровоград: КНТУ, 2004. - 352 с.

7. Філімоніхіна І.І. Узагальнений емпіричний критерій стійкості основного руху і його застосування до ротора на двох осесиметричних пружних опорах [Текст] / І.І. Філімоніхіна, Г.Б. Філімоніхін // Машинознавство. –2007. №3, С. 22-27.

8. Яцун В.В. Працездатність пасивних автобалансирів при зрівноваженні крильчаток осьових вентиляторів: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.02.02 / В.В. Яцун; Нац. ун-т "Львів. політехніка". — Л., 2010. — 20 с.

9. 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.

10. Олійніченко Л.С. Оптимізація параметрів автобалансирів для динамічного зрівноваження крильчатки осьового вентилятора 3D моделюванням [Текст] / Л.С. Олійніченко, Г.Б. Філімоніхін // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2014. – Т. 6, N 7(72). – С. 12-17. – Режим доступу : DOI : 10.15587/1729-4061.2014.30498.

11. Александров В.Л. Воздушные винты / Александров В.Л. – М.: Оборонгиз, 1951, – 493 с.

12. Брусиловский И.В. Аэродинамика осевых вентиляторов / Брусиловский И.В. – М.: Машиностроение, 1984. – 240 с., ил.

13. Юрьев Б.Н. Избранные труды. Т1, Воздушные винты, вертолеты / Юрьев Б.Н. – М.: изд. АН СССР, 1961. – 548 с.

14. Загордан А.М. Элементарная теория вертолета / Загордан А.М. – М.: Воениздат, 1955. – 216 с.

15. Філімоніхін Г.Б. Визначення головного вектору і моменту аеродинамічних сил, діючих на обертову крильчатку вентилятора / Філімоніхін Г.Б., Яцун В.В. // Збірник наукових праць КНТУ. – 2009, вип. 22, с. 364–370.

Список джерел в транслітерації

1. Polyakov, V.V., Pumps and Fans [Text] / V.V Polyakov, L.S. Skvortsov. – М.: Stroyizdat, 1990. – 336 p.

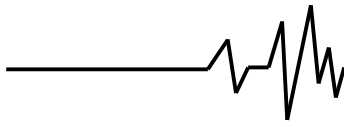
2. Ziborov, K.A. Imbalance As A Major Factor Influencing The Work Rotors Mine Main Fan [Text] / K.A. Ziborov, G.K. Vanga, V.N. Marenko // Modern engineering. Science and education. – SPb: Polytechnic University Press, – 2013. № 3. – P. 734–740. – Access mode: URL: http://www.mmf.spbstu.ru/mese/2013/734_740.pdf

3. Patent. 2419773 Russian Federation, МПК G01M 1/00 (2006.01), Procedure for low speed mass balancing and aerodynamics of high speed vane rotor [Text] / Suvorov, L.M.; applicant and Suvorov, L.M. – № 2009109011/28; presentation. 11.03.2009; publication. 27.05.2011, Bul. №15.

4. Korneev, N.V. Aerodynamic disbalance of the turbocompressor as the reason of lowering of power indexes of internal combustion engines [Text] / N.V. Korneev, E.V. Polyakova // Machine Builder. - 2008. - N 10. - P. 24-27.

5. Korneev, N.V. The calculation of the aerodynamic the disbalance rotor of turbocharger ICE / [Text] / N.V. Korneev, E.V. Polyakova // Machine Builder. - 2014. – N 8. - P. 13-16.

6. Filimonikhin, G.B. Balancing and protection from vibrations of rotors by



autobalancers with rigid corrective weights [Text] / G.B. Filimonikhin. Monography. - Kirovograd: KNSU, 2004. - 352 p.

7. Filimonikhina, I.I. Generalized empirical A stability criterion of the main motion and its application to the rotor on two of axisymmetric of resilient supports / I.I. Filimonikhina, G.B. Filimonikhin // Engineering. –2007. N 3, P. 22-27.

8. Yatsun, V. The efficiency of passive autobalancer for balancing axial fan impellers. [Text] - Manuscript. The dissertation on competition Candidate of Technical Sciences in specialty 05.02.02 – Engineering science. – National university „Lvivska polytechnika". – Lviv, 2010. — 20 p.

9. Filimonikhin G.B. Experimental determination of the efficiency of dynamic balancing by ball-type auto-balancers of the impeller of axial fan / G.B. Filimonikhin, L.S. Olijnichenko // Automation products. Machine build processes and instrument: – National university „Lvivska polytechnika". – 2011. – N 45, P. 496–502.

10. Olijnichenko, L.S. Optimization of parameters of autobalancers for dynamic balancing of impeller of axial fans by 3D modeling / L.S. Olijnichenko, G.B. Filimonikhin // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2014. – Vol. 6, N 7(72). – P. 12-17. – Way of Access : DOI : 10.15587/1729-4061.2014.30498.

11. Alexandrov, V.L.. Balloon screws [Text] / V.L. Alexandrov. - Moscow: Gos. Publishing House of Defense. industry, 1951. - 493 p

12. Brusylovskyy, I.V.. Aerodynamics of axial fans [Text] / I.V. Brusylovskyy. – Moscow: Engineering, 1984. – 240 p.

13. Yurev, B.N.. Favourites Proceedings [Text]: in 1 t., The airscrew, the helicopter / B.N. Yurev. - Moscow: Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 1961. – 548 p.

14. Zahordan, A.M. The elementary theory of the helicopter [Text]: tutorial for flight and maintenance composition BBC / A.M. Zahordan. - Moscow: Publishing Military Ministry of Defense of the USSR, 1955. - 215 p

15. Filimonikhin, G.B. Determination of the principal vector and the principal moment of aerodynamic forces acting on the rotating impeller of the fan / G.B. Filimonikhin, V.V. Yatsun. // Collection of scientific works KNTU. – 2009, N 22, P. 364–370.

УРАВНОВЕШИВАНИЕ ПАССИВНЫМИ АВТОБАЛАНСИРАМИ ОБЫЧНОГО И АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО ДИСБАЛАНСОВ КРЫЛЬЧАТКИ ОСЕВОГО ВЕНТИЛЯТОРА

Аннотация. Исследуется возможность автоматического уравновешивания

пассивными автобалансирами обычного и аэродинамического дисбалансов крыльчатки осевого вентилятора. Предполагается, что крыльчатка неточно изготовлена или насажена на вал с эксцентриситетом и перекосом. С использованием дисковой теории винта найдены главные вектор и момент аэродинамических сил, действующих на вращающуюся в первоначально неподвижном воздухе (газе) крыльчатку осевого вентилятора. Найден соответствующий им аэродинамический дисбаланс. Установлена его аналогия с дисбалансом от неуравновешенных масс. Также найдено его отличие, заключающееся в зависимости аэродинамического дисбаланса от плотности воздуха (газа). Сделано заключение о возможности уравновешивания аэродинамического дисбаланса корректировкой масс до начала эксплуатации вентилятора, и о возможности статического или динамического уравновешивания обычного и аэродинамического дисбалансов пассивными автобалансирами во время работы вентилятора.

Ключевые слова: осевой вентилятор, крыльчатка, короткий ротор, автобалансиры, дисбаланс, аэродинамический дисбаланс, автобалансировка.

BALANCING BY PASSIVE AUTO BALANCERS OF ORDINARY AND AERODYNAMIC IMBALANCES OF IMPELLER OF AXIAL FAN

Annotation. Investigate the possibility of automatic balancing by passive auto-balancers of ordinary and aerodynamic imbalances of the impeller of the axial fan. It is assumed that the impeller is made inaccurate or planted on the shaft eccentricity and misalignment. Using the disc theory of impeller were found the resultant vector and the resultant moment of the aerodynamic forces acting on rotating in the initial still air (gas) axial fan impeller. Find the corresponding their aerodynamic imbalance. It established its analogy with the imbalance of the unbalanced mass. Also, found its difference consisting in dependence of the aerodynamic imbalance on the density of air (gas). Was concluded about the possibility of balancing aerodynamic imbalance by corrective of mass before operating the fan. Was concluded about the possibility of static or dynamic balancing by passive auto-balancers of conventional and aerodynamic imbalances during fan operation.

Key words: axial fan, impeller, short rotor, auto-balancer, imbalance, aerodynamic imbalance, automatic balancing.