



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **159841** (13) **U**
(51) МПК

G01M 1/12 (2006.01)

G01M 1/22 (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНА ОРГАНІЗАЦІЯ
"УКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ОФІС ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ ТА ІННОВАЦІЙ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

<p>(21) Номер заявки: u 2025 00163</p> <p>(22) Дата подання заявки: 14.01.2025</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 10.07.2025</p> <p>(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 09.07.2025, Бюл.№ 28</p>	<p>(72) Винахідник(и): Філімоніхін Геннадій Борисович (UA), Остапчук Юлія Олександрівна (UA), Сокальська Юлія Олександрівна (UA), Олійніченко Любов Сергіївна (UA), Філімоніхіна Ірина Іванівна (UA)</p> <p>(73) Володілець (володільці): ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, просп. Університетський, 8, м. Кропивницький, 25006 (UA)</p>
---	--

(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ НЕЗРІВНОВАЖЕНОСТІ ПОВІТРЯНОГО ГВИНТА

(57) Реферат:

Спосіб визначення незрівноваженості повітряного гвинта, відповідно до якого повітряний гвинт встановлюють на балансувальний верстат для динамічного балансування і визначають на ньому динамічну незрівноваженість повітряного гвинта U_{01} , U_{02} , у двох площинах корекції, відповідно, де комплексні числа U_{01} , U_{02} визначають як модуль незрівноваженості, так і фазу. При цьому аналогічним чином визначають динамічну незрівноваженість повітряного гвинта U_{11} , U_{12} при газу іншої щільності.

UA 159841 U

Корисна модель може бути використана для визначення аеродинамічної незрівноваженості і незрівноваженості мас повітряного гвинта.

Відомий спосіб визначення незрівноваженості повітряного гвинта, відповідно до якого повітряний гвинт встановлюють на балансувальний верстат для динамічного балансування і визначають на ньому динамічну незрівноваженість повітряного гвинта U_{01} , U_{02} у двох площинах корекції, де комплексні числа U_{01} , U_{02} визначають як модуль незрівноваженості, так і фазу. [ДСТУ ISO 21940-21:2017 (ISO 21940-21:2012, IDT) Вібрація механічна. Балансування ротора. Частина 21. Опис та оцінка балансувальних верстатів]. Цей спосіб вибраний як найближчий аналог.

Недоліком способу є те, що визначається динамічна незрівноваженість U_{01} , U_{02} , яка є сумою незрівноваженості мас $U_{01}^{(m)}$, $U_{02}^{(m)}$, і аеродинамічної незрівноваженості $U_{01}^{(a)}$, $U_{02}^{(a)}$:

$$U_{01} = U_{01}^{(m)} + U_{01}^{(a)}, \quad U_{02} = U_{02}^{(m)} + U_{02}^{(a)}. \quad (1)$$

Корисна модель вирішує задачу окремого визначення як незрівноваженості мас, так і аеродинамічної незрівноваженості повітряного гвинта.

Вирішення задачі полягає у тому, що у способі визначення незрівноваженості повітряного гвинта, відповідно до якого повітряний гвинт встановлюють на балансувальний верстат для динамічного балансування і визначають на ньому динамічну незрівноваженість повітряного гвинта U_{01} , U_{02} у двох площинах корекції, де комплексні числа U_{01} , U_{02} визначають як модуль незрівноваженості, так і фазу, згідно з корисною моделлю, для окремого визначення як незрівноваженості мас, так і аеродинамічної незрівноваженості, аналогічним чином визначається динамічна незрівноваженість повітряного гвинта U_{11} , U_{12} при газу іншої щільності, а незрівноваженість мас і аеродинамічна незрівноваженість розраховуються таким чином:

$$U_{01}^{(m)} = \frac{U_{01} \rho_1 - U_{11} \rho_0}{\rho_1 - \rho_0}, \quad U_{01}^{(a)} = \frac{(U_{11} - U_{01}) \rho_0}{\rho_1 - \rho_0},$$

$$U_{02}^{(m)} = \frac{U_{02} \rho_1 - U_{12} \rho_0}{\rho_1 - \rho_0}, \quad U_{02}^{(a)} = \frac{(U_{12} - U_{02}) \rho_0}{\rho_1 - \rho_0},$$

де ρ_0 - щільність початкового газу, а ρ_1 - щільність іншого газу.

Спосіб працює наступним чином.

Повітряний гвинт встановлюють на балансувальний верстат для динамічного балансування і визначають на ньому динамічну незрівноваженість повітряного гвинта U_{01} , U_{02} у двох площинах корекції, де комплексні числа U_{01} , U_{02} визначають як модуль незрівноваженості, так і фазу.

Оскільки аналогічним чином визначається динамічна незрівноваженість повітряного гвинта U_{11} , U_{12} при газу іншої щільності, то з'являється можливість окремого визначення незрівноваженості мас і аеродинамічної незрівноваженості за формулами (2).

Дійсно, нехай змінена питома вага повітря (газу) до величини ρ_1 . Це призведе до зміни повної незрівноваженості:

$$U_{11} = U_{01}^{(m)} + U_{11}^{(a)}, \quad U_{12} = U_{02}^{(m)} + U_{12}^{(a)}. \quad (3)$$

Тут враховано, що незрівноваженість мас при зміні питомої ваги повітря не зміниться.

Аеродинамічна незрівноваженість прямопропорційна щільності газу [Філімоніхин Г.Б., Олійниченко Л.С. Дослідження можливості зрівноваження аеродинамічного дисбалансу крильчатки осьового вентилятора корегуванням мас, ЕЕJET. - Жов 2015. - Т. 5, Вип. 7(77). - С. 30-35, <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.51195>]. Тому

$$U_{11}^{(a)} = \frac{\rho_1}{\rho_0} U_{01}^{(a)}, \quad U_{12}^{(a)} = \frac{\rho_1}{\rho_0} U_{02}^{(a)}. \quad (4)$$

Підставляємо (4) в (3), одержуємо

$$U_{11} = U_{01}^{(m)} + \frac{\rho_1}{\rho_0} U_{01}^{(a)}, \quad U_{12} = U_{02}^{(m)} + \frac{\rho_1}{\rho_0} U_{02}^{(a)}. \quad (5)$$

З (1) і (5) знаходимо формули (2) для визначення складових від незрівноваженості мас і аеродинамічної незрівноваженості повітряного гвинта при початковій щільності повітря.

Рекомендується для підвищення точності визначення незрівноваженості мас і аеродинамічної незрівноваженості змінювати питому вагу повітря (газу) не менше, ніж на 30 %. Немає принципового значення на якому балансувальному верстаті чи балансувальному стенді і яким методом визначається динамічна незрівноваженість повітряного гвинта. Швидкість

обертання повітряного гвинта при другому визначенні його динамічної незрівноваженості може відрізнятися від цієї швидкості при першому визначенні динамічної незрівноваженості.

Нижче приведена таблиця щільності повітря і деяких газів при нормальних умовах. В таблиці наведені інертні чи вибухонебезпечні гази, що найбільш поширені в атмосферному повітрі. Найбільш привабливим є використання вуглецевого газу, оскільки він на 52,9 % важче повітря і найдешевший.

Таблиця

Щільність повітря і деяких газів при нормальних умовах

№. пп.	Газ	Щільність, кг/м ³	Відношення до щільності повітря км
1	Гелій	0,178	0,138
2	Неон	0,900	0,696
3	Повітря	1,293	1
4	Аргон	1,784	1,380
5	Вуглецевий газ	1,977	1,529
6	Криптон	3,743	2,895

Спосіб може бути використаний на етапі виготовлення повітряного гвинта як для його балансування, так і для відбракування при значній аеродинамічній незрівноваженості. Повітряним гвинтом може бути пропелер літака чи іншого літального апарата, крильчатка осьового вентилятора чи вітрогенератора тощо.

На кресленні зображено реалізацію способу визначення незрівноваженості повітряного гвинта.

Приклад конкретного виконання.

На кресленні зображено повітряний гвинт 1, встановлений на балансувальний верстат для динамічного балансування 2, дві площини корекції 3, 4, складові балансувального верстата для динамічного балансування - вал 5, двигун 6, дві пружні опори 7, 8, два датчика вібрацій 9, 10, датчик обертів 11, балансувальний прилад 12.

Спосіб працює наступним чином.

Повітряний гвинт 1 встановлюється на балансувальний верстат для динамічного балансування 2. Балансувальний верстат має вал 5 для встановлення повітряного гвинта, електродвигун 6 для надання обертання вала, дві пружні опори 7, 8, що утримують двигун, два датчики вібрацій 9, 10, по одному встановленому біля кожної опори, датчик обертів 11, балансувальний прилад 12, який обробляє сигнали з датчиків вібрацій 9, 10 і з датчика обертів 11, та розраховує незрівноваженість повітряного гвинта у двох площинах корекції.

В результаті визначається динамічна незрівноваженість повітряного гвинта U_{01} , U_{02} у двох площинах корекції 3, 4, відповідно, де комплексні числа U_{01} , U_{02} визначають як модуль незрівноваженості, так і фазу.

Далі, повітря (газ) замінюється на газ іншої щільності - ρ_1 . Потім, аналогічним чином, визначається динамічна незрівноваженість повітряного гвинта U_{11} , U_{12} . Після цього окремо визначаються незрівноваженість мас і аеродинамічна незрівноваженість за формулами (2).

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб визначення незрівноваженості повітряного гвинта, відповідно до якого повітряний гвинт встановлюють на балансувальний верстат для динамічного балансування і визначають на ньому динамічну незрівноваженість повітряного гвинта U_{01} , U_{02} , у двох площинах корекції, відповідно, де комплексні числа U_{01} , U_{02} визначають як модуль незрівноваженості, так і фазу, який **відрізняється** тим, що аналогічним чином визначають динамічну незрівноваженість повітряного гвинта U_{11} , U_{12} при газу іншої щільності, а незрівноваженість мас і аеродинамічна незрівноваженість розраховуються таким чином:

$$U_{01}^{(m)} = \frac{U_{01}\rho_1 - U_{11}\rho_0}{\rho_1 - \rho_0}, \quad U_{01}^{(a)} = \frac{(U_{11} - U_{01})\rho_0}{\rho_1 - \rho_0},$$

$$U_{02}^{(m)} = \frac{U_{02}\rho_1 - U_{12}\rho_0}{\rho_1 - \rho_0}, \quad U_{02}^{(a)} = \frac{(U_{12} - U_{02})\rho_0}{\rho_1 - \rho_0},$$

де ρ_0 - щільність початкового газу, а ρ_1 - щільність іншого газу.

