



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **159842** (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

(21) Номер заявки: u 2025 00166	(72) Винахідник(и): Філімоніхін Геннадій Борисович (UA), Остапчук Юлія Олександрівна (UA), Сокальська Юлія Олександрівна (UA), Олійніченко Любов Сергіївна (UA), Філімоніхіна Ірина Іванівна (UA)
(22) Дата подання заявки: 14.01.2025	(73) Володілець (володільці): ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, просп. Університетський, 8, м. Кропивницький, 25006 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 10.07.2025	
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 09.07.2025, Бюл.№ 28	

(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ НЕЗРІВНОВАЖЕНОСТІ ПОВІТРЯНОГО ГВИНТА

(57) Реферат:

Спосіб визначення незрівноваженості повітряного гвинта, відповідно до якого повітряний гвинт встановлюють на балансувальний верстат з можливістю динамічного балансування і визначають на ньому динамічну незрівноваженість повітряною гвинта U_{01} , U_{02} у двох площинах корекції, де комплексні числа U_{01} , U_{02} визначають як модуль незрівноваженості, так і фазу. В конструкцію балансувального верстата з можливістю динамічного балансування вводять динамометр, яким визначають осьову силу, яку створює повітряний гвинт, та екран. Визначають осьову силу F_0 , яку створює повітряний гвинт без екрана. Потім аналогічним чином визначають динамічну незрівноваженість повітряного гвинта U_{11} , U_{12} , та осьову силу F_1 , яку створює повітряний гвинт при наявності екрана перед повітряним гвинтом. Незрівноваженість мас і аеродинамічну незрівноваженість визначають таким чином:

$$U_{01}^{(m)} = \frac{F_1 - F_0}{F_1 - F_0}, \quad U_{01}^{(a)} = \frac{F_1 - F_0}{F_1 - F_0},$$
$$U_{02}^{(m)} = \frac{U_{02}F_1 - U_{12}F_0}{F_1 - F_0}, \quad U_{02}^{(a)} = \frac{(U_{12} - U_{02})F_0}{F_1 - F_0}.$$

UA 159842 U

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

Як аналог взято 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].

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

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

В основу корисної моделі поставлена задача окремого визначення як незрівноваженості мас, так і аеродинамічної незрівноваженості повітряного гвинта.

Поставлена задача вирішується тим, що у способі визначення незрівноваженості повітряного гвинта, відповідно до якого повітряний гвинт встановлюють на балансувальний верстат з можливістю 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, в конструкцію балансувального верстата з можливістю динамічного балансування вводять динамометр, яким визначають осьову силу, яку створює повітряний гвинт, та екран, при цьому визначають осьову силу F_0 , яку створює повітряний гвинт без екрана, а потім аналогічним чином визначають динамічну незрівноваженість повітряного гвинта U_{11} , U_{12} , та осьову силу F_1 , яку створює повітряний гвинт при наявності екрана перед повітряним гвинтом, а незрівноваженість мас і аеродинамічну незрівноваженість розраховують таким чином:

$$U_{01}^{(m)} = \frac{F_1 - F_0}{F_1 - F_0}, \quad U_{01}^{(a)} = \frac{F_1 - F_0}{F_1 - F_0},$$

$$U_{02}^{(m)} = \frac{U_{02}F_1 - U_{12}F_0}{F_1 - F_0}, \quad U_{02}^{(a)} = \frac{(U_{12} - U_{02})F_0}{F_1 - F_0}. \quad (2)$$

Спосіб працює наступним чином.

В конструкцію балансувального верстата для динамічного балансування вводять динамометр для визначення осьової сили, яку створює повітряний гвинт, та екран. 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, та осьову силу F_0 , яку створює повітряний гвинт без екрана. Потім аналогічним чином визначають динамічну незрівноваженість повітряного гвинта U_{11} , U_{12} , та осьову силу F_1 , яку створює повітряний гвинт при наявності екрана перед повітряним гвинтом.

Визначення осьової сили F_0 чи F_1 стало можливим завдяки введенню в конструкцію балансувального верстата для динамічного балансування динамометра для визначення осьової сили, яку створює повітряний гвинт. Визначення динамічної незрівноваженості повітряного гвинта U_{11} , U_{12} , та осьової сили F_1 , яку створює повітряний гвинт при наявності екрана перед повітряним гвинтом стало можливим завдяки введенню в конструкцію балансувального верстата для динамічного балансування екрана.

Оскільки визначають осьову силу F_0 , яку створює повітряний гвинт без екрана, а потім аналогічним чином визначають динамічну незрівноваженість повітряного гвинта U_{11} , U_{12} , та осьову силу F_1 , яку створює повітряний гвинт при наявності екрана перед повітряним гвинтом, то з'являється можливість визначення незрівноваженості мас і аеродинамічної незрівноваженості за формулами (2).

Дійсно, нехай перед повітряним гвинтом встановлений екран. Це призведе до зміни повної незрівноваженості:

$$U_1 = U_{01}^{(m)} + U_{11}^{(a)}, \quad U_2 = U_{02}^{(m)} + U_{12}^{(a)}. \quad (3)$$

Тут враховано, що незрівноваженість мас при встановленні екрана перед повітряним гвинтом не зміниться.

При встановленні екрана перед повітряним гвинтом зросли аеродинамічні сили прямопропорційно зростанню осьової аеродинамічної сили. Через це прямопропорційно зросла аеродинамічна незрівноваженість:

$$U_{11}^{(a)} = \frac{U_{01}^{(a)}}{F_0}, \quad U_{12}^{(a)} = \frac{U_{02}^{(a)}}{F_0}. \quad (4)$$

Підстановка (4) в (3) дає

$$U_1 = U_0_1^{(m)} + \frac{F_0}{F_1} U_0_1^{(a)}, \quad U_2 = U_0_2^{(m)} + \frac{F_1}{F_0} U_0_2^{(a)}. \quad (5)$$

З (1) і (5) одержуємо формули (2) для визначення складових від незрівноваженості мас і аеродинамічної незрівноваженості повітряного гвинта при відсутності екрану перед повітряним гвинтом.

Немає принципового значення на якому балансувальному верстаті чи балансувальному стенді і яким методом визначається динамічна незрівноваженість повітряного гвинта. Повітряним гвинтом може бути пропелер літака чи іншого літального апарату, крильчатка осьового вентилятора чи вітрогенератора тощо. Швидкість обертання повітряного гвинта при другому визначенні його динамічної незрівноваженості може відрізнитися від цієї швидкості при першому визначенні динамічної незрівноваженості.

Спосіб може бути використаний на етапі виготовлення повітряного гвинта як для його балансування, так і для відбракування при значній аеродинамічній незрівноваженості.

На кресленні зображено реалізацію способу визначення незрівноваженості повітряного гвинта.

Приклад конкретного виконання способу визначення незрівноваженості повітряного гвинта.

На кресленні зображено повітряний гвинт 1, встановлений на балансувальний верстат для динамічного балансування 2, дві площини корекції 3, 4, динамометр 5 для вимірювання осьової сили, яку створює повітряний гвинт, екран 6, складові балансувального верстата для динамічного балансування - вал 7, двигун 8, дві пружні опори 9, 10, два датчики вібрацій 11, 12, датчик обертів 13, балансувальний прилад 14.

Спосіб працює наступним чином.

Повітряний гвинт 1 встановлюється на балансувальний верстат для динамічного балансування 2. Балансувальний верстат має динамометр 5 для вимірювання осьової сили, яку створює повітряний гвинт, екран 6, вал 7 для встановлення повітряного гвинта, електродвигун 8 для надання обертання вала, дві пружні опори 9, 10, що утримують двигун, два датчики вібрацій 11, 12, по одному встановленому біля кожної опори, датчик обертів 13, балансувальний прилад 14, який обробляє сигнали з датчиків вібрацій 11, 12 і з датчика обертів 13, та розраховує незрівноваженість повітряного гвинта у двох площинах корекції.

За допомогою балансувального верстата 2 перший раз 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, та визначається величина осьової сили F_0 , яку створює повітряний гвинт.

Потім, аналогічним чином, визначається динамічна незрівноваженість повітряного гвинта U_{11} , U_{12} , та величина осьової сили F_1 , яку створює повітряний гвинт при наявності екрана. Після цього окремо визначаються незрівноваженість мас і аеродинамічна незрівноваженість повітряного гвинта за формулами (2).

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб визначення незрівноваженості повітряного гвинта, відповідно до якого повітряний гвинт встановлюють на балансувальний верстат з можливістю 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, який **відрізняється** тим, що в конструкцію балансувального верстата з можливістю динамічного балансування вводять динамометр, яким визначають осьову силу, яку створює повітряний гвинт, та екран, при цьому визначають осьову силу F_0 , яку створює повітряний гвинт без екрана, а потім аналогічним чином визначають динамічну незрівноваженість повітряного гвинта U_{11} , U_{12} та осьову силу F_1 , яку створює повітряний гвинт при наявності екрана перед повітряним гвинтом, а незрівноваженість мас і аеродинамічну незрівноваженість розраховують

таким чином:

$$U_{01}^{(m)} = \frac{U_{11} F_1 - U_1 F_0}{F_1 - F_0}, \quad U_{01}^{(a)} = \frac{(U_{11} - U_1) F_0}{F_1 - F_0},$$

$$U_{02}^{(m)} = \frac{U_{12} F_1 - U_2 F_0}{F_1 - F_0}, \quad U_{02}^{(a)} = \frac{(U_{12} - U_2) F_0}{F_1 - F_0}.$$

