



УКРАЇНА

(19) UA (11) 83992 (13) C2

(51) МПК (2006)

F02K 1/00

F02K 1/48 (2008.01)

F02K 1/38 (2008.01)

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ**

**ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ**

ОПИС

ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ ШУМУ РЕАКТИВНОГО СТРУМЕНЯ ГАЗОТУРБІННОГО ДВИГУНА ТА СОПЛО ГАЗОТУРБІННОГО ДВИГУНА (ВАРІАНТИ)

1

2

(21) 20040705522

(22) 08.07.2004

(24) 10.09.2008

(31) 0308383

(32) 09.07.2003

(33) FR

(46) 10.09.2008, Бюл.№ 17, 2008 г.

(72) ПРУТО ЖАКІ, МІРУДО ФРЕДЕРІК

(73) CHEKMA MOTEPIC

(56) EP 1160439, F02K1/38, F02K1/48, F02K1/00,
05.12.2001

US 4401269, F02K1/26, 30.08.1983

US 6082635, B63H11/10, 04.07.2000

WO 0040851, F02K1/38, B63H25/46, 13.07.2000

US 4576002, F02K3/02, 18.03.1986

US 2002178711, F02K3/02, 05.12.2002

(57) 1. Пристрій для зниження шуму реактивного струменя газотурбінного двигуна, що має подовжню вісь (X-X) і має сопло (10), по суті, циліндричної форми, яке розташоване вздовж зазначеної подовжньої осі газотурбінного двигуна і має задній край, що служить для змішування газових потоків, один з яких є внутрішнім, а другий зовнішнім відносно сопла, причому пристрій містить хвилеподібні виступи (26), розташовані на продовженні заднього краю сопла (10), і заглиблення (28), кожне з яких розташоване між двома сусідніми виступами (26), який **відрізняється** тим, що виступи (26) і заглиблення (28) виконані асиметричними відносно принаймні однієї осі (Y-Y), перпендикулярної подовжній осі (X-X) газотурбінного двигуна, таким чином, що створюють подвійний ефект відносного врівноваження газотурбінного двигуна, який містить:

тим, що внутрішній кожух (14) містить пристрій (12) для зниження шуму за п. 1, установлений на його задньому краї (14а) таким чином, щоб породжувати відносне радіальне зміщення і відносне тангенціальне зміщення первинного і вторинного потоків.

3. Сопло (10) газотурбінного двигуна, що містить: внутрішній кожух (14), розташований уздовж по довжній осі (X-X) сопла, центральне тіло (18), яке розташоване всередині внутрішнього кожуха (14) коаксіально з ним і обмежує розташований між внутрішнім кожухом і центральним тілом перший кільцевий канал (22) витікання первинного потоку, і зовнішній кожух (16), що оточує внутрішній кожух (14), який розташований коаксіально із внутрішнім кожухом і обмежує другий кільцевий канал (24) витікання вторинного потоку,

яке **відрізняється** тим, що зовнішній кожух (16) містить пристрій (12) для зниження шуму за п. 1, установлений на його задньому краї (16а) таким чином, щоб породжувати відносно радіальне зміщення і відносно тангенціальне зміщення вторинного потоку й потоку повітря, що тече вздовж зовнішньої стінки (16b) зовнішнього кожуха (16).

C2⁽¹³⁾

(11) 83992

UA⁽¹⁹⁾

Даний винахід належить до галузі сопел газотурбінних двигунів. Конкретніше, він спрямований на зниження шуму реактивного струменя, породжуваного вихідною частиною сопел з розділеним потоком авіаційних газотурбінних двигунів, зокрема, в фазі зльоту літака.

Сопла газотурбінних двигунів цивільних літаків звичайно складаються з центрального тіла, оточеного внутрішнім кожухом, під яким утворений перший кільцевий канал протікання первинного потоку. Зовнішній кожух оточує внутрішній кожух і утворює зовнішній кільцевий канал, у якому протікає зовнішній потік. Всі ці елементи сопла звичайно мають вісесиметричну форму.

Даний винахід спрямований на створення пристрою, що дозволяє зменшити шум реактивного струменя, що виходить з цих сопел, зокрема, у процесі зльоту літака, в ході якого швидкість випускнення первинного і вторинного потоку сягає близькозвукового рівня (тобто порядку 0,9М), без погіршення аеродинамічних характеристик.

Відомий метод зниження шуму, що виникає при виході реактивного струменя з сопла, пов'язаний з посиленням змішування первинного і вторинного потоків, що виходять з газотурбінного двигуна. Наприклад, було запропоновано обладнати внутрішній кожух сопла лопатями, що дозволяють одержати відносно радіальне зміщення первинного і вторинного потоків і сприяють змішуванню цих потоків. Проте сопла з лопатями такого типу лише незначно зменшують шум реактивного струменя й не пристосовані до близькозвукових швидкостей течії потоків. Справді, кут нахилу поверхні лопатей занадто великий для таких швидкостей, що викликає розшаровування потоків, що погіршує аеродинамічні характеристики сопла.

Також відомий патентний документ ЕР 1160439, що передбачає обладнання кожухів сопла кутовими скобками, що сприяють змішуванню первинного і вторинного потоків. Хоча використання кутових скобок зменшує шум реактивного струменя, воно також погіршує аеродинамічні характеристики сопла.

Задача, на вирішення якої спрямований даний винахід, полягає, отже, у розробці пристрою, встановлюваного на сопло газотурбінного двигуна і який дозволяє зменшити шум реактивного струменя, зокрема, при близькозвукових швидкостях течії потоків, без погіршення аеродинамічних характеристик сопла.

Для вирішення поставленої задачі пропонується пристрій для зниження шуму реактивного струменя газотурбінного двигуна, що має подовжню вісь і містить сопло, по суті, циліндричної форми, розташоване вздовж подовжньої осі газотурбінного двигуна і яке має задній край, що служить для змішування газових потоків, один з яких є внутрішнім, а другий зовнішнім відносно до згаданого сопла. Пристрій за винаходом містить хвилеподібні виступи, розташовані на продовженні заднього краю сопла, й поглиблення, кожне з яких розташоване між

двома сусідніми виступами. Запропонований пристрій характеризується тим, що виступи й поглиблення асиметричні відносно до принаймні однієї осі, перпендикулярної подовжній осі газотурбінного двигуна, таким чином, що створюють подвійний ефект відносного протиобертання газових потоків.

Вибрана геометрія виступів, одночасно закручених і тривимірних і які завдяки цьому створюють подвійний ефект протиобертання, дозволяє отримати значне зниження шуму реактивного струменя шляхом посилення змішування потоків без погіршення аеродинамічних характеристик. Дійсно, така геометрія дозволяє викликати відносно тангенціальне зміщення газових потоків, що складаються в результаті відносного радіального зміщення, з метою посилення змішування цих потоків.

Даний винахід також стосується сопла газотурбінного двигуна, що містить внутрішній кожух, розташований уздовж подовжньої осі сопла, центральне тіло, розташоване всередині внутрішнього кожуха коаксіально з ним, і зовнішній кожух, що оточує внутрішній кожух, причому внутрішній кожух і/або зовнішній кожух містить пристрій для зниження шуму реактивного струменя.

Інші особливості й переваги даного винаходу стануть ясні з нижченаведеного докладного опису, наведеного з посиланнями на представлені креслення, на яких поданий приклад виконання винаходу, що не накладає жодних обмежень. На кресленнях:

- фіг. 1А і 1В зображують у перспективі пристрій для зниження шуму реактивного струменя за винаходом для використання в соплі газотурбінного двигуна;

- фіг. 2А і 2В ілюструють ефекти зміщення і подвійний ефект протиобертання, породжені пристроєм для зниження шуму реактивного струменя за винаходом;

- фіг. 3А, 3В і 3С зображують у подовжньому розрізі пристрій для зниження шуму реактивного струменя за іншими варіантами здійснення винаходу;

- фіг. 4 зображує в перспективі сопло газотурбінного двигуна, обладнане пристроєм для зниження шуму реактивного струменя за одним з варіантів здійснення винаходу.

На фіг. 1А зображено в перспективі сопло 10 газотурбінного двигуна, обладнане пристроєм 12 для зниження шуму реактивного струменя. Сопло 10, що має вісесиметричну форму відносно до подовжньої осі Х-Х газотурбінного двигуна, звичайно утворюється внутрішнім кожухом 14, зовнішнім кожухом 16 і центральним тілом 18. Внутрішній кожух 14, що має, по суті, форму циліндра або усіченого конуса, розташований уздовж подовжньої осі Х-Х. Центральне тіло 18 розташоване коаксіально всередині внутрішнього кожуха 14 і закінчується частиною, по суті, конічної форми.

Зображений на фіг. 1А задній край 14а внутрішнього кожуха 14 виходить за конічну частину центрального тіла 18. Зовнішній кожух 16, що також має, посупі, форму циліндра або усіченого конуса, коаксіальне оточує внутрішній кожух 14. Утворене таким чином сопло прикріплене під крилом літака (не показано на кресленнях) за допомогою несучої ферми 20.

Коаксіальне розташування елементів сопла 10 дозволяє обмежити, з одного боку, перший кільцевий канал 22, розташований між внутрішнім кожухом 14 і центральним тілом 18 і призначений для витікання газового потоку, що виходить з газотурбінного двигуна (так званого первинного потоку), і, з другого боку, другий кільцевий канал 24, розташований між внутрішнім кожухом 14 і зовнішнім кожухом 16 і призначений для витікання повітря, що виходить з газотурбінного двигуна (так званого вторинного потоку). Газові потоки, що витікають з цих двох кільцевих каналів 22, 24, змішуються один з одним біля заднього краю 14а внутрішнього кожуха 14.

Слід зазначити, що зображене на фіг. 1А центральне тіло 18 сопла 10 є центральним тілом внутрішнього типу, тобто задній край 14а внутрішнього кожуха 14 виходить у подовжньому напрямку за задню кромку центрального тіла. Проте пристрій для зниження шуму реактивного струменя за винаходом може також використовуватися із соплом зовнішнього типу, в якому задня кромка центрального тіла виходить за задній край внутрішнього кожуха.

Відповідно до винаходу сопло 10 містить пристрій 12 для зниження шуму реактивного струменя, утворений хвилеподібними виступами 26, розташованими на продовженні заднього краю 14а внутрішнього кожуха 14, і поглибленнями 28, кожне з яких розташоване між двома сусідніми виступами таким чином, щоб викликати радіальне й тангенціальне відносні зміщення первинного і вторинного потоків, що виходять з газотурбінного двигуна (фіг. 1В).

Виступи 26, утворені на задньому краї На внутрішнього кожуха 14, орієнтовані вздовж подовжньої осі X-X газотурбінного двигуна. В прикладі здійснення, зображеному на фіг. 1В, кожен з них закручений між своїм переднім і заднім краями і виступає в радіальному напрямку всередину і назовні відносно до заднього краю 14а внутрішнього кожуха 14. Поглиблення 28 мають форму пазів або виїмок, орієнтованих, по суті, в подовжньому напрямку і розміщеними між двома сусідніми виступами 26.

Завдяки такому виконанню виступи 26 і поглиблення 28 дозволяють створити радіальне й тангенціальне відносні зміщення первинного і вторинного потоків з метою посилення змішування цих потоків і, отже, зниження шуму реактивного струменя. Під радіальним зміщенням варто розуміти зміщення, здійснюване в радіальному напрямку відносно до внутрішнього кожуха, по суті, циліндричної форми. Аналогічно, під тангенціальним зміщенням слід розуміти зміщення, здійснюване в тангенціальному напрям-

ку відносно до внутрішнього кожуха, по суті, циліндричної форми.

Фіг. 2А наочно ілюструє ці явища радіального й тангенціального зміщення. На цьому кресленні поданий один виступ 26 і одне поглиблення 28 пристрою 12 для зниження шуму реактивного струменя за винаходом, використовуваного на внутрішньому кожусі 14 сопла. Суцільні стрілки показують напрямок течії внутрішнього відносно до пристрою потоку поблизу виступу 26 і поглиблення 28, а пунктирні стрілки схематично зображують напрямок течії зовнішнього відносно до пристрою потоку поблизу того ж виступу і того ж поглиблення.

Внутрішній потік, що протікає поблизу виступу 26, направляється для змішування із зовнішнім потоком одночасно в радіальному напрямку (стрілка F1) і в тангенціальному напрямку (стрілка F2). Радіальний і тангенціальний напрямки течії внутрішнього потоку обумовлені тим, що виступ закручений у радіальному напрямку назовні відносно до внутрішнього кожуха 14.

Аналогічним чином, зовнішній потік, що протікає поблизу поглиблення 28, направляється для змішування із внутрішнім потоком одночасно в радіальному напрямку (стрілка F3) і в тангенціальному напрямку (стрілка F4). Таким чином, на задньому краї внутрішнього кожуха між внутрішнім і зовнішнім потоками виникає відносне радіальне зміщення, зображене стрілками F1 і F3, і відносне тангенціальне зміщення, зображене стрілками F2 і F4.

Корисна відмінність даного винаходу полягає в тому, що виступи 26 і поглиблення 28 пристрою 12 за винаходом асиметричні відносно до принаймні однієї осі, перпендикулярної подовжній осі X-X газотурбінного двигуна, і створюють подвійний ефект відносного протиобертання внутрішнього і зовнішнього потоків у пристрої для зниження шуму реактивного струменя.

Так, зображені на фіг. 2В виступи 26 і поглиблення 28 асиметричні відносно до поперечної осі Y-Y. Ця асиметрія породжує ефект відносного протиобертання внутрішнього і зовнішнього потоків.

Дійсно, в частині пристрою 12, розташованій "ліворуч" від поперечної осі Y-Y, внутрішній потік змішується із зовнішнім потоком у напрямку, позначеному стрілками 32а. Цей напрямок змішування породжує загальне обертання F5 внутрішнього потоку проти годинникової стрілки. Аналогічним чином, зовнішній потік змішується із внутрішнім потоком у напрямку, позначеному стрілками 34а. Цей напрямок змішування породжує загальне обертання F6 зовнішнього потоку за годинниковою стрілкою. Таким чином, у лівій частині пристрою 12 внутрішній і зовнішній потоки обертаються в протилежних напрямках.

У іншій частині пристрою внутрішній потік змішується із зовнішнім потоком у напрямку, позначеному стрілками 32б. Цей напрямок змішування породжує загальне обертання F7 внутрішнього потоку за годинниковою стрілкою. Зовнішній же потік змішується із внутрішнім потоком у напрямку, позначеному стрілками 34б. Цей напрямок змішування породжує загальне обертан-

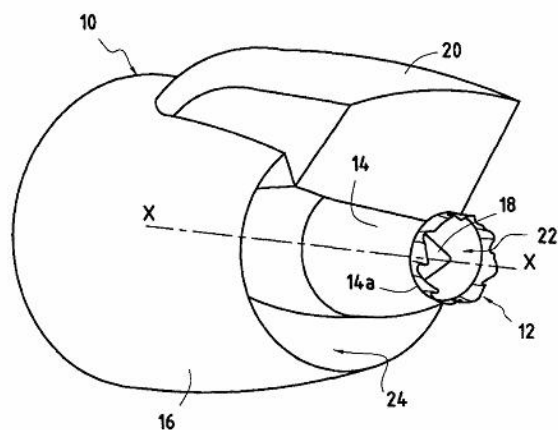
ня F8 зовнішнього потоку проти годинникової стрілки, тобто в напрямку, зворотному щодо напрямку обертання F7 внутрішнього потоку. Це обертання внутрішнього і зовнішнього потоків у другій половині пристрою 12 для зниження шуму реактивного струменя в протилежних напрямках дає другий ефект протиобертання.

Можна також передбачити варіант, у якому виступи й поглиблення пристрою для зниження шуму реактивного струменя були б асиметричні відносно до декількох осей, перпендикулярних подовжній осі X-X сопла таким чином, щоб створювати множину подвійних ефектів відносного протиобертання внутрішнього і зовнішнього потоків.

Крім того, форма і кількість виступів і поглиблень пристрою для зниження шуму реактивного струменя за винаходом можуть бути змінені. Зокрема, глибина проникнення виступів у внутрішній і зовнішній потоки не обмежена.

На фіг. 3A, 3B і 3C зображені в подовжньому розрізі приклади інших варіантів здійснення пристрою для зниження шуму реактивного струменя за винаходом. Слід зазначити, що в загальному випадку, щоб уникнути погіршення аеродинамічних характеристик, виступи 26 і поглиблення 28 повинні мати плавну й округлу форму і не проникати занадто глибоко у внутрішній і зовнішній потоки.

Зображений на фіг. 1A пристрій для зниження шуму реактивного струменя за винаходом розташований на внутрішньому кожусі 14 сопла 10. Утім, можна передбачити інше його розташування. Так,



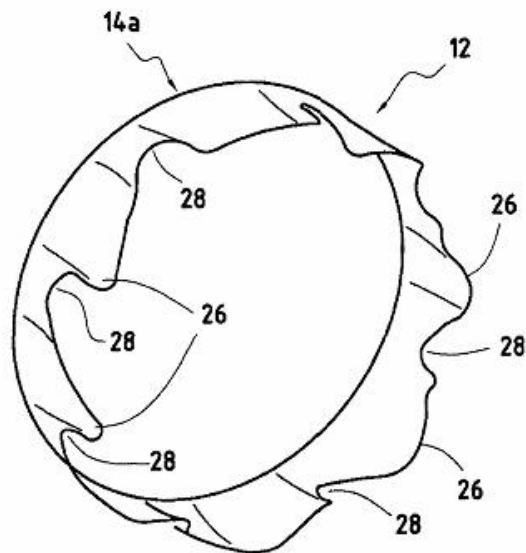
Фиг. 1A

на фіг. 4 зображене сопло 10 газотурбінного двигуна, задній край 16a зовнішнього кожуха 16 якого обладнаний пристроєм 12 для зниження шуму реактивного струменя.

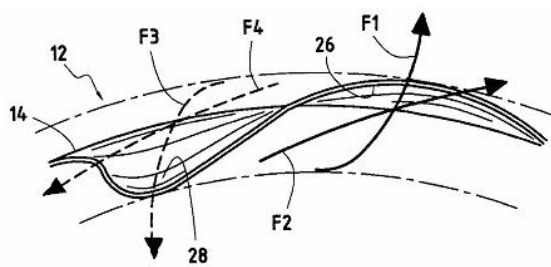
Як і в разі розташування на внутрішньому кожусі, цей пристрій складається з хвиляподібних виступів 26, розташованих на продовженні заднього краю 16a, і поглиблень 28, кожне з яких розміщене між двома сусідніми виступами. Проте слід зазначити, що в районі кріплення ферми 20 до зовнішнього кожуха передбачений інтервал 30, що не містить ні виступів, ані поглиблень і забезпечує кріплення ферми 20.

Відповідно до вищеописаного принципу ці виступи 26 і поглиблення 28 дозволяють створити відносні радіальне й тангенціальне зміщення вторинного потоку, що виходить з газотурбінного двигуна, і потоку повітря, що тече вздовж зовнішньої стінки 16b зовнішнього кожуха 16, для посилення змішування між цими потоками і, отже, зниження шуму реактивного струменя.

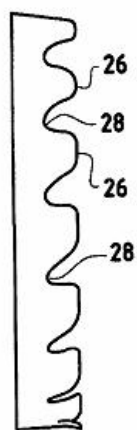
Крім того, відповідно до ще одного варіанта здійснення винаходу (не поданого на кресленнях), пристрій для зниження шуму реактивного струменя можуть бути встановлені одночасно на внутрішньому і на зовнішньому кожухах. У цьому випадку ці пристрої дозволяють одночасно отримати як відносні радіальні й тангенціальні зміщення первинного і вторинного потоків, так і відносні радіальні й тангенціальні зміщення вторинного потоку й потоку повітря, що тече вздовж зовнішньої стінки зовнішнього кожуха.



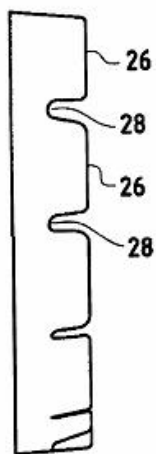
Фиг. 1B



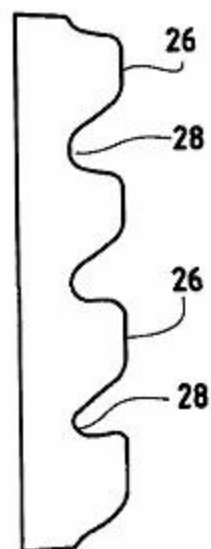
Фиг. 2А



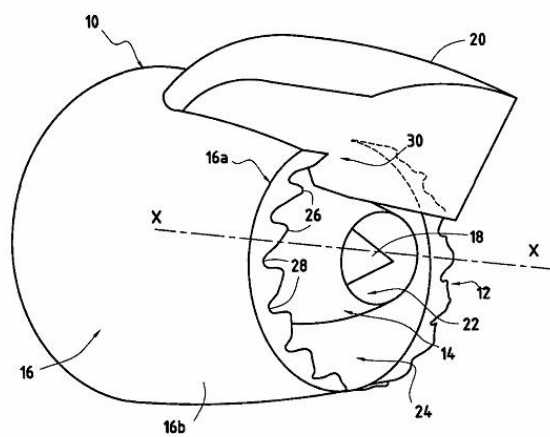
Фиг. 3А



Фиг. 3В



Фиг. 3С



Фиг. 4