



УКРАЇНА

(19) UA (11) 89156 (13) C2
(51) МПК (2009)
F01D 5/18
B64D 27/00
F02K 3/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) ГАЗОТУРБІННИЙ ДВИГУН, НАПРИКЛАД АВІАЦІЙНИЙ ТУРБОРЕАКТИВНИЙ ДВИГУН

1

(21) а200501991
(22) 03.03.2005
(24) 11.01.2010
(31) 0402172
(32) 03.03.2004
(33) FR
(46) 11.01.2010, Бюл.№ 1, 2010 р.
(72) МАРШІ МАРК, FR
(73) СЕКМА, FR
(56) GB 1525746, F01D11/02, 20.09.1978
US 3728042, F02D5/08, 17.04.1973
US 3768924, F01D5/32, 30.10.1973
GB 947553, F02F, 22.01.1964
GB 1270905, F01D5/08, 19.04.1972
RU 2250386, F01D11/06, 10.11.2004
US 3602605, F01D5/08, 31.08.1971
US 3814539, F02D5/08, 04.06.1974
US 4582467, F01D5/08, 15.04.1986
UA 76424, F01D25/24, 15.09.2003
(57) 1. Газотурбінний двигун, що містить лопаткове колесо (14) з лопатками, виконаними порожнистими й охолоджуваними зсередини за допомогою примусової циркуляції охолоджуючого повітря, при цьому кожна лопатка (22) встановлена на периферії диска ротора, причому в даному типі двигуна з диском ротора з'єднано диск-лабіринт (52), з утворенням контуру подачі охолоджуючого повітря, що сполучається з порожнинами (48) циркуляції повітря, які виконані в лопатках, і відкриває біля основи ніжок (44) лопаток, які з'єднані із диском ротора, диск-лабіринт, пристосований для спрямування повітря по каналах до цих ніжок лопаток, який **відрізняється** тим, що між зовнішнім краєм диска-лабіринту й диском ротора додатково вставлений кільцевий стопорний фланець (70, 70а), який є окремою частиною щодо диска-лабіринту (52), причому зазначений кільцевий стопорний фланець (70, 70а) простягається між зовнішнім кільцевим

2

краєм та внутрішнім кільцевим краєм, при цьому зовнішній кільцевий край у верхньому боці являє собою стопорний заплечик (72), що утворює зовнішній кільцевий захват, у який заходить зовнішній край зазначеного диска-лабіринту, причому зовнішній кільцевий край утворює на нижньому боці поверхню, що простягається навпроти диска ротора, а внутрішній кільцевий край визначає опорний заплечик (74), який утворює внутрішній кільцевий захват, що заходить в осьову окружну виїмку диска ротора, причому стопорний фланець містить канали (78) для підведення потоку повітря до ніжок лопаток.

2. Газотурбінний двигун по п. 1, який **відрізняється** тим, що канали (78) для підведення потоку в стопорний фланець виконані у вигляді отворів, що знаходяться перед гніздами (40), виконаними по периферії диска ротора і призначеними для установки вищезазначених ніжок лопаток, відповідно.

3. Газотурбінний двигун по п. 1 або 2, який **відрізняється** тим, що стопорний фланець (70а) продовжений радіально всередину за межі опорного заплечика навпроти диска-лабіринту (52).

4. Газотурбінний двигун за одним з пп. 1-3, який **відрізняється** тим, що диск-лабіринт (52) встановлений з попереднім осьовим напруженням в положенні периферичної опори на стопорний фланець.

5. Газотурбінний двигун по п. 4, який **відрізняється** тим, що між диском-лабіринтом і стопорним фланцем в зоні периферичної опори встановлена прокладка (80).

6. Газотурбінний двигун за одним з пп. 2-5, який **відрізняється** тим, що кожний отвір (78), виконаний у стопорному фланці, має контур, аналогічний контуру поперечного перерізу каналу (46), який утворено в гнізді, яке знаходиться навпроти, під відповідною нішкою лопатки.

Даний винахід відноситься до газотурбінних двигунів, зокрема, до авіаційного турбореактивного двигуна з охолодженням лопаток ротора тур-

біни високого тиску, що обертається енергією робочих газів, що виходять з кільцевої камери згоряння.

(19) UA (11) 89156 (13) C2

Класичний турбореактивний двигун містить декілька турбін і, зокрема, турбіну високого тиску, в якій лопаткове колесо виконано за кільцевим виходом камери згоряння, куди безперервно вприскується паливо і нагнітається повітря під тиском для підтримки горіння. Лопаткове колесо дозволяє приводити до обертання повітряному компресору, що забезпечує подачу повітря безпосередньо в камеру згоряння.

Лопатки колеса повинні охолоджуватися. Для цього, як відомо, використовують порожнисті лопатки. Кожна лопатка містить порожнину, всередині якої підтримують примусову циркуляцію охолоджуючого повітря. Частина повітря, що подається компресором, огинає камеру згоряння, потрапляє в лопатки і викидається з них за лопаткове колесо в потік робочих газів.

Лопаткове колесо складається з диска, що обертається, що також називається диском ротора, який з'єднано з привідним валом компресора. Лопатки встановлюють в гнізда, які виконано на периферії диска, що обертається. Звичайно профіль такого гнізда називають «ялинкою», і кожна лопатка містить потовщення, яке називається «ніжкою лопатки», форма якої відповідає формі гнізда і яку вставляють в це гніздо. Між дном гнізда і ніжкою лопатки залишають канал. Порожнина, яка виконана в лопатці, сполучається з цим каналом.

Для того, щоб повітря надходило в канали, як відомо, з диском, що обертається, з'єднують диск, який називається «лабіринтом». Останній встановлюють навпроти однієї сторони диска, що обертається, і він виконаний з можливістю направлення частини повітря, що подається компресором, до каналів під ніжками лопаток.

Відомий спосіб жорсткого з'єднання диска-лабіринту з диском ротора поблизу ніжок лопаток за допомогою кулачкових з'єднань, що ускладнює виготовлення обох дисків. Дійсно, механічна обробка кулачків з видаленням задирок є тривалою і дорогою операцією. Крім того, бажано, наскільки можливо, уникати будь-яких геометричних форм малого радіуса або таких, що містять розриви, що є причиною концентрації напружень, що знижують термін служби деталі. Зокрема, ця вимога особливо актуально для кулачків.

В патенті США 6 540 477 описано монтаж диска-лабіринту з периферичною опорою на диск, що обертається, але таке рішення, що не використовує кулачкового з'єднання, не дозволяє уникнути деформації диска-лабіринту під одночасною дією відцентрової сили і тепла, яка може призвести до витoku повітря і втрати ефективності системи охолодження.

Даний винахід пропонує вирішення всіх цих проблем за допомогою монтажу без кулачкового з'єднання і дозволяє протистояти деформації диска-лабіринту.

Зокрема, даний винахід відноситься до газотурбінного двигуна, що містить лопаткове колесо з лопатками, які виконано порожнистими і охолоджуваними зсередини за допомогою примусової циркуляції охолоджуючого повітря, при цьому кожну лопатку встановлюють на периферії диска ротора, при цьому в даному типі двигуна з диском ротора з'єднують диск-лабіринт, з формуванням

контура подачі охолоджуючого повітря, що сполучається з порожнинами циркуляції повітря, які виконано в лопатках, і який відкриває в основі ніжок лопаток, сполучених з диском ротора, диск-лабіринт, який направляє повітря до цих ніжок лопаток, який відрізняється тим, що між зовнішнім краєм диска-лабіринту і диском ротора вставляють кільцевий стопорний фланець, що містить стопорний заплечик, який утворює зовнішній кільцевий захват, в який заходить зовнішній край зазначеного диска-лабіринту, і опорний заплечик, який утворює внутрішній кільцевий захват, що заходить в осьову окружну виїмку зазначеного диска ротора, причому зазначений стопорний фланець містить канали для підведення потоку повітря до ніжок лопаток.

Стопорний фланець містить отвори, що знаходяться навпроти гнізд, виконаних по периферії диска ротора і призначених для встановлення ніжок лопаток.

Переважаю диск-лабіринт встановлюють з попереднім осьовим напруженням в положенні периферичної опори на стопорний фланець.

Даний винахід і його інші переваги будуть більш очевидні з нижченаведеного, представлено-го виключно як приклад, опису газотурбінного двигуна, виконаного згідно з винаходом, з посиланнями на додані фігури креслень, в числі яких:

Фіг.1 зображує частковий схематичний вид турбореактивного двигуна згідно з даним винаходом, зокрема, що містить турбіну високого тиску і систему її охолодження.

Фіг.2 - вид в збільшеному масштабі фрагмента Фіг.1.

Фіг.3 представляє часткове зображення в розібраному вигляді в перспективі з боку стрілки III Фіг.2.

Фіг.4 представляє схему взаємодій між частинами, з'єднаними згідно з даним винаходом.

Фіг.5 - вигляд варіанту виконання, аналогічний Фіг.2.

Всі показані на кресленнях деталі є асиметричними відносно вісі Y'-Y, причому для рухомих деталей ця вісь є віссю обертання. Зокрема, на Фіг.1-3 показана частина турбореактивного двигуна 11 і, зокрема, турбіна 12 високого тиску, яка з'єднана з кільцевою камерою згоряння 16. В основному турбіна містить лопаткове колесо 14, що приводиться в обертання за рахунок дії газів, що виходять з камери згоряння 16. Кільцевий вихід 18 цієї камери оснащений нерухомими лопатками 20, які направляют гази до лопаток 22 зазначеного лопаткового колеса. В дні камери згоряння 16 кільцеподібно встановлені форсунки 26. Камера встановлена всередині кільцевого картера 28, що містить кільце повітряозабірних отворів 30, в які під тиском надходить повітря від компресора (не показаний на кресленнях), що обертається порожнистим валом 34 з віссю Y'-Y, на якому встановлено лопаткове колесо 14. Основна частина повітря під тиском, що надходить в картер 28, потрапляє в камеру згоряння, де вона забезпечує процес горіння.

Лопаткове колесо 14 містить диск 36 ротора, закріплений на валу 34 за допомогою болтів 38. По своїй зовнішній периферії цей диск містить по-

довжені гнізда 40 з постійним поперечним перерізом, відомий з попереднього рівня профіль яких називають «ялинкою». Ці гнізда рівномірно розподілені в окружному напрямку по периферії диска 36 ротора. В гнізда встановлюють лопатки 22. Для цього кожна лопатка містить потовщення або ніжку 44 лопатки, профіль якої відповідає профілю радіально зовнішньої частини гнізда, в якому встановлюють цю ніжку лопатки. Проте, між дном кожного гнізда і встановленої в ньому ніжкою 44 лопатки залишається канал. Як буде показано нижче, канали 46 призначені для проходження повітря, що охолоджує лопатки, які знаходяться навпроти кільцевого виходу 18 камери згоряння 16.

Як відомо, кожна лопатка містить порожнину 48, всередині якої підтримують примусову циркуляцію охолоджуючого повітря, що надходить з картера 28. Таким чином, частина повітря, що нагнітається компресором, огинає камеру згоряння 16 і циркулює всередині лопаток 22, після чого викидається з них в основному через отвори, виконані вздовж задніх кромek лопаток. Повітря, що викидається, змішується з потоком робочих газів, який проходить через лопаткове колесо 14, причому цей потік прямує до іншої турбіни, не показаної на кресленнях. Кожна порожнина 48, призначена для циркуляції повітря, сполучається біля основи ніжки 44 лопатки з вищезазначеним каналом 46. На виході лопаткового колеса кінці гнізд (і, отже, канали 46) перекриті кільцевим фланцем 50. Попереду на диску 36 ротора закріплюють диск-лабіринт 52, який обмежує разом з ним контур подачі охолоджуючого повітря, що сполучається з сукупністю каналів 46, що знаходяться під ніжками лопаток.

Диск-лабіринт 52 з'єднують з диском 36 ротора і з валом 34 за допомогою цього ж набору болтів 38. Він містить ребра 54 жорсткості, направлені у бік диска ротора. Кільцеві зуби 56, 58, взаємодіючи з відповідними кільцевими поверхнями 60, 62, виконаними разом з картером 28, утворюють стики. Для забору частини повітря, що нагнітається в картер 28, між рядком випускних отворів 6, виконаних в стінці картера, і рядком отворів впусків 66, виконаних в стінці диска-лабіринту, встановлюють сопло 64 кільцевої конструкції. Таким чином, повітря під тиском безперервно нагнітається в кільцевий простір, обмежений між диском-лабіринтом і диском ротора. Цей кільцевий простір сполучається з каналами 46, як буде показано нижче.

Згідно з відмітною ознакою даного винаходу між зовнішнім краєм 71 диска-лабіринту 52 і зазначеним диском ротора 14 встановлюють кільцевий стопорний фланець 70 для стабілізації положення зазначеного зовнішнього краю 71 диска-лабіринту, коли останній має тенденцію до деформації під дією відцентрової сили і тепла. Для цього стопорний фланець 70 містить стопорний запличик 72, який утворює зовнішній кільцевий захват 71, в який заходить зовнішній край диска-лабіринту, і опорний запличик 74, який утворює внутрішній

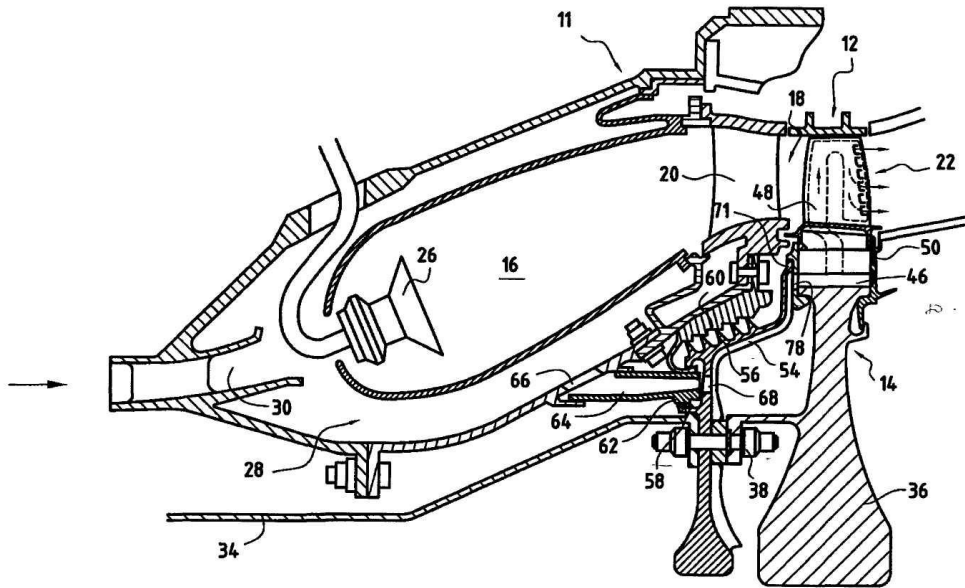
кільцевий захват 75, що заходить в осьову окружну виїмку 76 диска 36 ротора. Крім того, стопорний фланець містить канали для проходження потоку повітря до ніжок лопаток. Зокрема, стопорний фланець містить отвори 78, що знаходяться навпроти кінців гнізд 40, виконаних по периферії диска ротора і призначених для установки зазначених ніжок лопаток відповідно. Установку стопорного фланця 70 щодо диска 36 ротора здійснюють так, щоб отвори 78 знаходилися в продовженні гнізд. Крім того, краще, щоб кожний отвір 78, виконаний в стопорному фланці 70, мав контур, аналогічний контуру поперечного перерізу каналу 46, утвореного в гнізді, що знаходиться навпроти, під відповідною ніжкою лопатки. Ця відмітна ознака проілюстрована на Фіг.3. Завдяки такій конструкції уникають втрати напору в цій частині контуру повітряного потоку.

Як видно зі схеми на Фіг.4, відцентрова сила B , яка діє через диск-лабіринт на стопорний фланець в опорній точці, що знаходиться на запличику 72, створює протидію A в опорній точці, що знаходиться на запличику 74. Якщо g є осьовим зсувом між A і B , то момент gA породжує зусилля f радіально зовнішній частині стопорного диска, направлене у бік диска 36 ротора, при цьому $f = Ag/L$, де L є радіальною відстанню між запличиком 74 і опорною точкою зусилля f . Таким чином, зусилля f дозволяє перешкодити витoku повітря між диском ротора і стопорним фланцем, збільшуючи опорне зусилля стопорного фланця на диск ротора.

Крім того, диск-лабіринт 52 встановлюють з попереднім напруженням в положенні периферичної опори на стопорний фланець 70. У разі потреби, може бути встановлена прокладка 80 між диском-лабіринтом і стопорним фланцем в зоні периферичної опори між краєм диска-лабіринту і стопорним фланцем. Диск-лабіринт 58 містить периферичне потовщення для його установки в стопорному запличику 72 стопорного фланця.

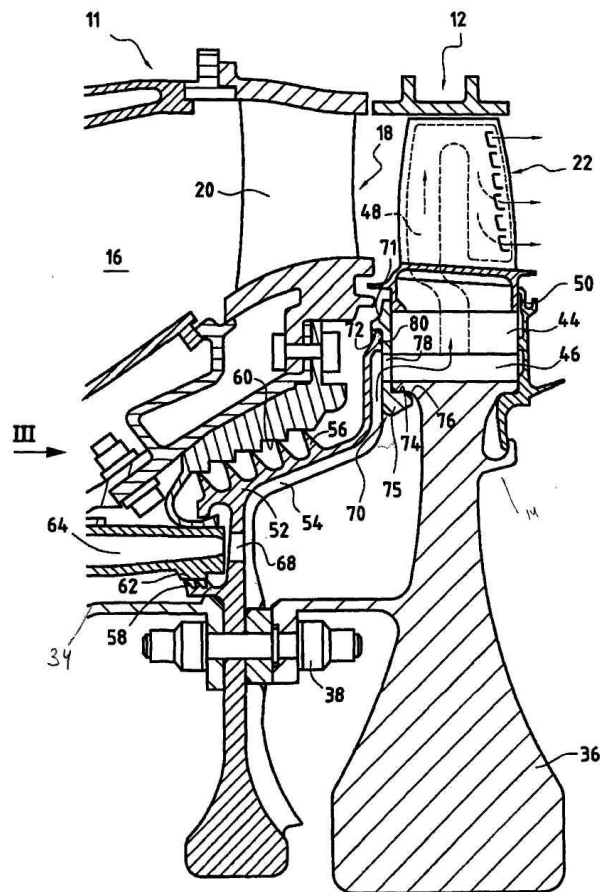
У варіанті, показаному на Фіг.5, елементи конструкції, аналогічні елементам варіанту виконання, показаного на Фіг.1-3, позначені тими ж цифровими позиціями, і їх опис опускається. Цей варіант відрізняється тим, що стопорний фланець 70а продовжений радіально у внутрішню сторону за межі опорного запличика 74 навпроти диска-лабіринту 52. Він виконаний таким чином, що по суті виявляється притиснутим до нервюрам 54 цього диска-лабіринту. Таким чином, більш чітко визначають контур потоку охолоджуючого повітря вздовж диска-лабіринту 52 між нервюрами 54 останнього.

Під час роботи частина стисненого повітря, що нагнітається в картер 28, виходить через його отвори 66 і прямує до порожнистих лопаток 22 лопаткового колеса для їх охолодження замість того, щоб забезпечувати горіння в камері згоряння 16. Стопорний фланець 70 або 70а утримує зовнішній край диска-лабіринту і перешкоджає будь-якому витoku повітря по периферії диска-лабіринту.

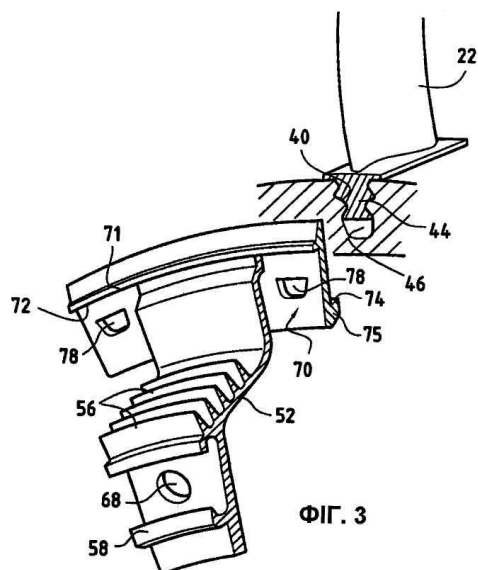


Y ————— Y

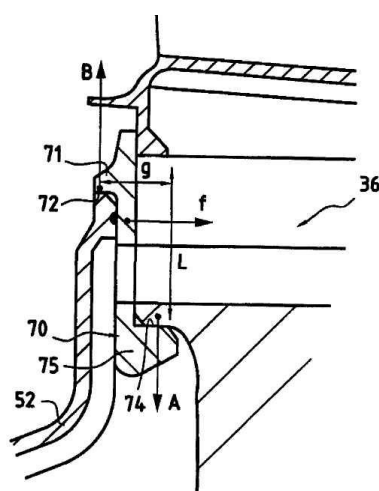
ФИГ. 1



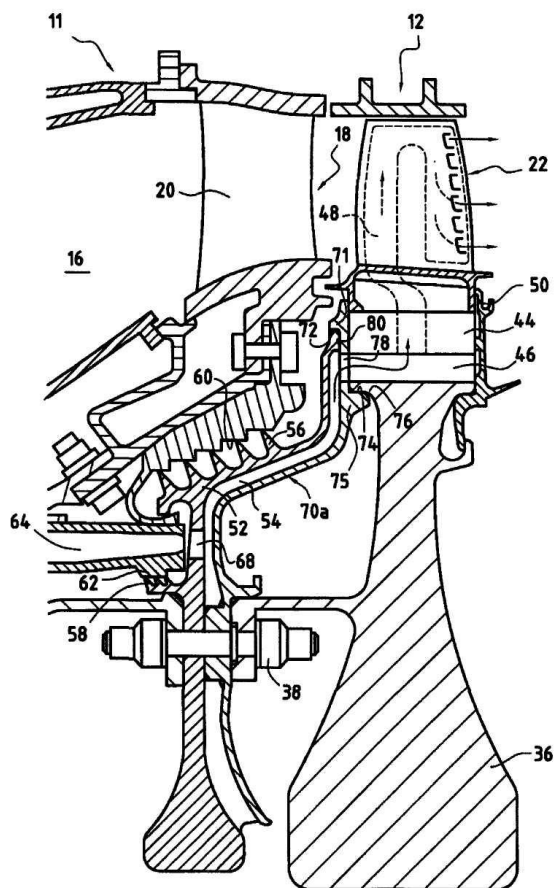
ФИГ. 2



ФІГ. 3



ФІГ. 4



ФІГ. 5