



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 83001

(13) C2

(51) МПК (2006)

F02C 9/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ РЕГУЛЮВАННЯ ЗАЗОРУ МІЖ ВЕРШИНАМИ РОБОЧИХ ЛОПАТОК І СТАЦІОНАРНИМ КІЛЬЦЕВИМ ВУЗЛОМ ГАЗОВОЇ ТУРБІНИ

1

2

(21) а200500428

(22) 17.01.2005

(31) 0400393

(32) 16.01.2004

(33) FR

(46) 10.06.2008, Бюл.№ 11, 2008 р.

(72) АМІО ДЕНІС, АРРЕТ АНН-МАРІ, ФАША
ТЬЕРРІ, ГАНДРО АЛЕН, ЛЕФЕВР ПАСКАЛЬ,
РУССЕН-МУАНЬЕ ДЄЛЬФІН

(73) СНЕКМА МОТЕРС

(56) US, патент №6035929, F28F3/12, F01D11/24,
публ. 14.03.2000.EP, патент №0541325, F01D11/24, публ.
12.05.1993.

(57) 1. Пристрій для регулювання зазору між вершинами (4а) робочих лопаток (4) і стаціонарним кільцевим вузлом газової турбіни (2), що містить кільцевий корпус (14) з поздовжньою віссю (X-X), забезпечений принаймні двома кільцевими виступами (18, 20), які віддалені один від одного в аксіальному напрямку і виступають у радіальному напрямку із зовнішнього боку вказаного корпусу (14), причому пристрій регулювання зазору має кільцевий регулювальний блок (26), що оточує корпус (14) стаціонарного кільцевого вузла і містить засоби подання повітря, утворені принаймні трьома кільцевими каналами (28, 30, 32), що віддалені один від одного в аксіальному напрямку і розташовані з обох бокових сторін кожного з виступів (18, 20), а також має засоби подання повітря до каналів (28, 30, 32) подання повітря і засоби обдування виступів (18, 20) повітрям для зміни температури стаціонарного кільцевого вузла, який відрізняється тим, що засоби обдування утворені виконаними у кожному з каналів (28, 30, 32) подання повітря принаймні одним верхнім рядом з N отворів (34), розташованих навпроти однієї з бокових поверхонь (18а, 18b, 20а, 20b) виступів (18, 20), і принаймні одним нижнім рядом з 2N отворів (36), розташованих навпроти ділянки сполучення виступу (18, 20) з корпусом (14) стаціонарного кільцевого вузла. 1, який відрізняється тим, що вказані виступи утворені переднім виступом (18) і заднім виступом (20), а вказані канали утворені

переднім каналом (28), розташованим перед переднім виступом (18), заднім каналом (30), розташованим за заднім виступом (20), і центральним каналом (32), розташованим між переднім виступом (18) і заднім виступом (20), причому центральний канал (32) має принаймні два верхніх ряди по N отворів (34), розташованих навпроти бокових поверхонь (18b, 20a) переднього виступу (18) і заднього виступу (20), і принаймні два нижніх ряди по 2N отворів (36), розташованих навпроти ділянок (18d, 20c) сполучення переднього і заднього виступів з корпусом (14) стаціонарного кільцевого вузла.

3. Пристрій за п. 2, який відрізняється тим, що сумарні прохідні перерізи отворів у передньому каналі (28) і в задньому каналі (30) є, по суті, однаковими, а сумарний прохідний переріз отворів у центральному каналі (32), по суті, удвічі перевищує сумарний прохідний переріз отворів у передньому і задньому каналах.

4. Пристрій за будь-яким із пп. 1-3, який відрізняється тим, що N отворів (34) у кожному з верхніх рядів розташовані зі зсувом по окружності відносно 2N отворів (36) у відповідному нижньому ряду.

5. Пристрій за будь-яким із пп. 1-4, який відрізняється тим, що прохідні перерізи N отворів (34) у кожному з верхніх рядів і 2N отворів (36) у кожному з нижніх рядів є, по суті, однаковими.

6. Пристрій за будь-яким із пп. 1-5, який відрізняється тим, що N отворів (34) у кожному з верхніх рядів і 2N отворів (36) у кожному з нижніх рядів рівномірно розподілені по всій окружності навколо поздовжньої осі (X-X) корпусу (14) стаціонарного кільцевого вузла.

7. Пристрій за будь-яким із пп. 1-6, який відрізняється тим, що отвори (34, 36) у верхніх і нижніх рядах мають, по суті, круглу форму, причому відстань по окружності між двома сусідніми отворами (34, 36) у кожному верхньому ряду становить значення, принаймні утричі більше за діаметр вказаних отворів.

8. Пристрій за будь-яким із пп. 1-7, який відрізняється тим, що канали (28, 30, 32) приблизно повторюють форму виступів (18, 20).

(13) C2

(11) 83001

(19) UA

Винахід належить до загальної галузі регулювання зазору між вершинами лопаток, що обертаються, і стаціонарним кільцевим вузлом газової турбіни.

Газова турбіна, наприклад, турбіна високого тиску турбомашини, звичайно має нерухомі лопатки, які чергуються з робочими (рухомими) лопатками і розташовані на шляху проходження гарячих газів, які надходять з камери згоряння турбомашини. Робочі лопатки турбіни оточені по всій окружності турбіни стаціонарним кільцевим вузлом. Цей стаціонарний кільцевий вузол утворює стінку каналу протікання гарячих газів крізь лопатки турбіни.

Відомий спосіб підвищення ККД турбіни полягає у максимальному зменшенні зазору, наявного між вершинами робочих лопаток турбіни і частинами стаціонарного кільцевого вузла, розташованими навпроти них.

З цією метою були розроблені засоби, що дозволяють змінювати діаметр стаціонарного кільця. Такі засоби звичайно мають вигляд кільцевих каналів, які оточують стаціонарний кільцевий вузол і по яких проходить повітря, що надходить з інших частин турбомашини. Це повітря виводиться на зовнішню поверхню стаціонарного кільцевого вузла і викликає, таким чином, термічні розширення або стискування стаціонарного кільцевого вузла, здатні викликати зміни його діаметра. Термічні розширення та стискування задаються відповідно до режиму експлуатації турбіни за допомогою клапана, який дозволяє контролювати витрату і температуру повітря, що надходить до каналів. Система, яка складається з каналів і клапана, утворює, таким чином, блок регулювання розміру зазору при вершинах лопаток.

Проте відомі конструкції регулювальних блоків не дозволяють досягти високого ступеня однорідності температури на усій окружності стаціонарного кільцевого вузла. Недостатня однорідність температури викликає деформації стаціонарного кільцевого вузла, які особливо негативно позначаються на ККД і строку служіння газової турбіни.

Крім того, у відомих регулювальних блоках, як правило, не передбачена оптимізація подання повітря на зовнішню поверхню стаціонарного кільцевого вузла, що часто призводить до необхідності забору більшої кількості повітря для охолодження стаціонарного кільцевого вузла. Забір надто великої кількості повітря також знижує ККД турбомашини.

Задача, на вирішення якої спрямований цей винахід, полягає в усуненні вищеписаних недоліків шляхом створення пристрою регулювання зазору, що дозволяє оптимізувати подання повітря для підвищення ефективності і рівномірності охолодження стаціонарного кільцевого вузла.

Для вирішення поставленої задачі запропонований пристрій регулювання зазору між вершинами робочих лопаток і стаціонарним кільцевим вузлом газової турбіни. Згідно з винаходом

стаціонарний кільцевий вузол має кільцевий корпус з поздовжньою віссю, забезпечений принаймні двома кільцевими виступами, що відстоять один від одного в аксіальному напрямку і виступають у радіальному напрямку із зовнішнього боку вказаного корпусу. При цьому пристрій регулювання зазору має кільцевий регулювальний блок, що оточує корпус стаціонарного кільцевого вузла і містить засоби подання повітря, утворені принаймні трьома кільцевими каналами, що відстоять один від одного в аксіальному напрямку і розташовані з обох бокових сторін кожного з виступів. Регулювальний блок має також засоби подання повітря до каналів подання повітря і засоби обдування повітрям виступів для зміни температури стаціонарного кільцевого вузла. Пристрій за винаходом характеризується тим, що засоби обдування утворені принаймні одним верхнім рядом з N отворів, розташованих навпроти однієї з бокових поверхонь виступів, і принаймні одним нижнім рядом з 2N отворів, розташованих навпроти ділянки сполучення виступу з корпусом стаціонарного кільцевого вузла, які містяться у кожному з каналів подання повітря.

Розподіл і розташування отворів для обдування повітрям дозволяє оптимізувати коефіцієнт теплообміну між виступами і потоком повітря, що їх обтікає. За рахунок цього досягається більш ефективне і рівномірне охолодження виступів і, відповідно, більша амплітуда зсувів корпусу, що дозволяють регулювати розмір зазору при вершинах лопаток турбіни.

Якщо вказані виступи утворені переднім виступом і заднім виступом, а вказані канали утворені переднім каналом, розташованим перед переднім виступом, заднім каналом, розташованим за заднім виступом, і центральним каналом, розташованим між переднім і заднім виступами, то центральний канал переважно має принаймні два верхні ряди по N отворів, розташованих навпроти бокових поверхонь переднього і заднього виступів, і принаймні два нижніх ряди по 2N отворів, розташованих навпроти ділянок сполучення переднього і заднього виступів з корпусом стаціонарного кільцевого вузла.

Відповідно до корисної відмінності винаходу сумарні прохідні перетини повітря у передньому каналі і в задньому каналі є, по суті, однаковими. При цьому сумарний прохідний перетин отворів у центральному каналі є, по суті, вдвічі вищим за сумарний прохідний перетин отворів у передньому каналі та в задньому каналі.

Відповідно до другої корисної особливості винаходу прохідні перетини N отворів у кожному з верхніх рядів і 2N отворів у кожному з нижніх рядів є, по суті, однаковими.

Відповідно до ще однієї корисної особливості винаходу N отворів у кожному з верхніх рядів розташовані зі зсувом по окружності відносно 2N отворів у відповідному нижньому ряді.

Інші особливості й переваги цього винаходу будуть зрозумілими із нижчевикладеного докладного опису, наведеного із посиланнями на креслення, що додаються, на яких поданий один з можливих варіантів здійснення винаходу, що не накладає будь-яких обмежень. На кресленнях:

- фіг. 1 зображує у поздовжньому перетині пристрій регулювання зазору за винаходом;

- фіг. 2 відповідає частковому вигляду у перспективі каналів подання повітря пристроєм регулювання зазору за фіг. 1;

- фіг. 3 являє собою вигляд у розрізі по лінії III-III (див. фіг. 1).

На фіг. 1 зображена у поздовжньому перетині турбіна 2 високого тиску турбомашини з поздовжньою віссю Х-Х. Проте, цей винахід також може бути застосований до турбіни низького тиску турбомашини або до будь-якої іншої газової турбіни, обладнаної пристроєм регулювання зазору при вершинах лопаток.

Турбіна 2 високого тиску має, зокрема, робочі лопатки 4, розташовані у каналі 6 течії гарячих газів, що надходять з камери згоряння (не показана) турбомашини. Ці робочі лопатки 4 розташовані за нерухомими лопатками 8 турбіни по напрямку 10 руху гарячих газів у каналі 6 їх течії.

Робочі лопатки 4 турбіни 2 високого тиску оточені кільцевими сегментами 12, які розташовані по окружності навкруг осі Х-Х турбіни і утворюють безперервну кільцеву поверхню. Кільцеві сегменти 12 прикріплені до кільцевого корпусу 14, який також має поздовжню вісь Х-Х, за допомогою перемичок 16.

У нижчевикладеному описі сукупність кільцевих сегментів 12, корпусу 14 і перемичок 16 позначена виразом "стаціонарний кільцевий вузол".

Корпус 14 стаціонарного кільцевого вузла забезпечений принаймні двома кільцевими виступами, або ребрами 18, 20, які відстоять один від одного в аксіальному напрямку і виступають у радіальному напрямку із зовнішнього боку корпусу 14. Відповідно до розташування цих виступів відносно напрямку 10 руху гарячих газів у каналі 6 їх течії ці виступи у подальшому називаються передній виступ 18 і задній виступ 20. Передній виступ 18 і задній виступ 20, в основному, виконують функцію теплообмінників.

Кожний з кільцевих сегментів 12 має внутрішню поверхню 12а, що перебуває у безпосередньому контакті з гарячими газами і частково обмежує канал 6 течії гарячих газів крізь турбіну 2 високого тиску.

Між внутрішніми поверхнями 12а кільцевих сегментів 12 і вершинами 4а робочих лопаток 4 турбіни 2 високого тиску залишений радіальний зазор 22, що забезпечує можливість обертання цих лопаток. Для підвищення ККД турбіни необхідно максимально зменшити величину цього зазору 22.

Для зменшення зазору 22 при вершинах 4а робочих лопаток 4 передбачений пристрій 24 регулювання зазору. Пристрій 24 регулювання зазору має, зокрема, кільцевий регулювальний блок 26, що оточує стаціонарний кільцевий вузол, а точніше, його корпус 14.

Залежно від поточного режиму експлуатації турбомашини регулювальний блок 26 повинен охолоджувати або нагрівати передній виступ 18 і задній виступ 20 корпусу 14 шляхом обдування їх повітрям. Під впливом повітря, що обдуває, відбувається стиснення або розширення корпусу 14, що викликає зменшення або збільшення діаметру стаціонарних кільцевих сегментів 12 турбіни і дозволяє регулювати величину зазору 22 при вершинах лопаток.

Регулювальний блок 26 має принаймні три кільцевих канали 28, 30 і 32 подання повітря, що оточують корпус 14 стаціонарного кільцевого вузла. Ці канали відстоять один від одного в аксіальному напрямку і розташовані, по суті, паралельно один до одного. Вони розташовані по обидва боки ближню до виступів 18, 20, форму яких вони приблизно повторюють.

Канали 28, 30 і 32 подання повітря містять передній канал 28, розташований перед переднім виступом 18 (у напрямку 10 руху гарячих газів у каналі 6 їх течії), задній канал 30, розташований за заднім виступом 20, і центральний канал, розташований між переднім виступом 18 і заднім виступом 20.

Регулювальний блок 26 має також трубу повітряного колектора (не показана на кресленнях), призначену для подання повітря у канали 28, 30 і 32 подання повітря. Ця труба повітряного колектора оточує канали 28, 30 і 32 і подає в них повітря крізь повітряводи (не показані на кресленнях).

Згідно з винаходом кожний з каналів 28, 30 і 32 подання повітря регулювального блока 26 має принаймні один верхній ряд з N отворів 34, розташованих навпроти кожної з бокових поверхонь виступів 18, 20, і принаймні один нижній ряд з 2N отворів 26, розташованих навпроти кожної з ділянок сполучення виступу 18, 20 з корпусом 14 стаціонарного кільцевого вузла.

Отвори 34, 36, пророблені, наприклад, за допомогою лазера, дозволяють нагнітати повітря, що надходить у канали 28, 30 і 32, на виступи 18, 20 для зміни їх температури.

Як показано на фіг. 1 і 2, задня стінка 28b переднього каналу 28 має принаймні один верхній ряд з N отворів 34, розташованих навпроти передньої бокової поверхні 18а переднього виступу 18, і принаймні один нижній ряд з 2N отворів 36, розташованих навпроти ділянки 18с сполучення переднього виступу 18 з корпусом 14 стаціонарного кільцевого вузла. На передній стінці 28а переднього каналу 28 отвори відсутні.

Аналогічним чином, передня стінка 30а заднього каналу 30 має принаймні один верхній ряд з N отворів 34, розташованих навпроти задньої бокової поверхні 20b заднього виступу 20, і принаймні один нижній ряд з 2N отворів 36, розташованих навпроти ділянки 20d сполучення заднього виступу 20 з корпусом 14 стаціонарного кільцевого вузла. На задній стінці 30b заднього каналу 30 отвори відсутні.

У кращому варіанті центральний канал 32 має принаймні два верхні ряди по N отворів 34, розташовані навпроти бокових поверхонь 18b, 20а переднього виступу 18 і заднього виступу 20, і при-

найменші два нижні ряди по 2N отворів 36, розташованих навпроти ділянок 18d, 20с сполучення переднього виступу 18 і заднього виступу 20 з корпусом 14 стаціонарного кільцевого вузла.

При цьому передня стінка 32а центрального каналу 32 має принаймні один верхній ряд з N отворів 34, розташованих навпроти задньої бокової поверхні 18b переднього виступу 18, і принаймні один нижній ряд з 2N отворів 36, розташованих навпроти ділянки 18d сполучення переднього виступу 18 з корпусом 14 стаціонарного кільцевого вузла.

Задня стінка 32b центрального каналу 32 має принаймні один верхній ряд з N отворів 34, розташованих навпроти передньої бокової поверхні 20а заднього виступу 20, і принаймні один нижній ряд з 2N отворів 36, розташованих навпроти ділянки 20с сполучення заднього виступу 20 з корпусом 14 стаціонарного кільцевого вузла.

Іншими словами, у кожному з каналів 28, 30 і 32 подання повітря регульовального блоку 26 отвори 34, 36 для обдування повітрям розташовані у два ряди, причому дві третини отворів знаходяться у нижньому ряду, а решта одна третина отворів знаходиться у верхньому ряду. Повітря, що виходить з 2N отворів 36 кожного з нижніх рядів, нагнітається до нижньої частини виступів 18, 20, а повітря, що виходить з N отворів 34 кожного з верхніх рядів, нагнітається до середньої частини цих виступів.

Таким чином, забезпечується рівномірний теплообмін з виступами, що забезпечує можливість отримати більшу амплітуду зсувів корпусу для регулювання зазору при вершинах лопаток. Розрахунки температурної залежності дозволяють продемонструвати, що така конфігурація робить можливим одержання виграшу у середній температурі виступу, що складає більше 50°C порівняно з конфігурацією, що використовує один ряд отворів.

Згідно з корисною відмінністю винаходу сумарні прохідні перетини отворів у передньому каналі 28 і в задньому каналі 30 є, по суті, однаковими, а сумарний прохідний перетин отворів у центральному каналі 32 є, по суті, вдвічі вищим, ніж у передньому каналі 28 і в задньому каналі 30. Дійсно, оскільки у кращому варіанті отвори є наявними з обох боків центрального каналу 32, витрата повітря у цьому каналі виявляється вдвічі вищою, ніж

витрата повітря у передньому каналі 28 або у задньому каналі 30.

Згідно з іншою корисною особливістю винаходу прохідні перетини у N отворів 34 у кожному з верхніх рядів та у 2N отворів 36 у кожному з нижніх рядів кожного з каналів 28, 30 і 32 є, по суті, однаковими.

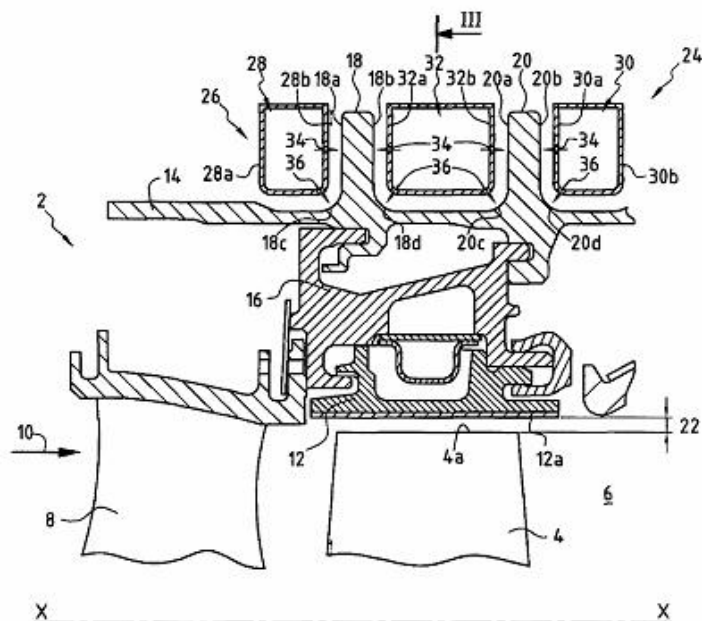
Таким чином, по одній третині повітря, що надходить у центральний канал 32, виводиться крізь кожний з двох нижніх рядів отворів 36, а по одній шостій тієї самої кількості повітря виводиться крізь кожний з двох верхніх рядів отворів 34. Аналогічним чином, по дві третини повітря, що надходить у передній канал 28 та у задній канал 30, виводиться крізь нижні ряди отворів 36 цих каналів, а по одній третині тієї самої кількості повітря виводиться крізь верхні ряди отворів 34.

Згідно зі ще однією корисною особливістю винаходу, яка проілюстрована на фіг. 3, N отворів 34 у кожному з верхніх рядів кожного з каналів подання повітря розташовані зі зсувом по окружності відносно 2N отворів 36 у кожному з нижніх рядів відповідного каналу подання повітря.

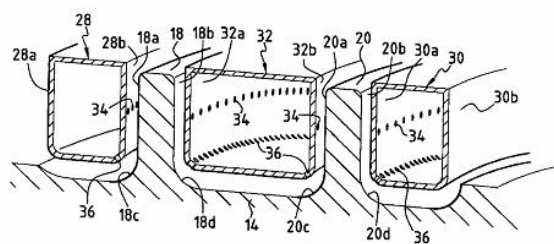
Крім того, у кращому варіанті отвори 34 у кожному з верхніх рядів і отвори 36 у кожному з нижніх рядів кожного з каналів 28, 30 і 32 подання повітря рівномірно розподілені по всій окружності навкруг поздовжньої осі X-X корпусу 14 стаціонарного кільцевого вузла.

За умови, що кожний з отворів 34, 36 верхніх і нижніх рядів має, по суті, круглу форму, відстань між двома сусідніми отворами 34 одного і того самого верхнього ряду по окружності краще складає принаймні втричі збільшену величину діаметра отворів.

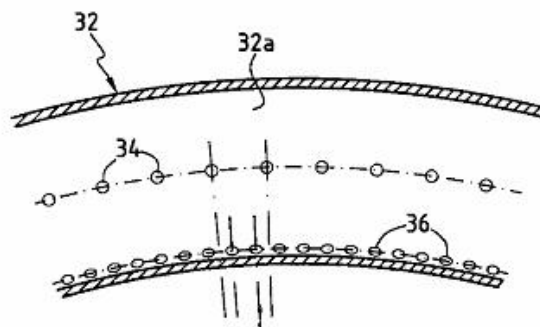
Значення кількості та діаметра отворів 34, 36 обдування повітрям можуть бути оптимізовані за допомогою створення моделі, основаної на компромісному співвідношенні між ефективністю вентиляції виступів і обмеженнями, пов'язаними з виготовленням регульовального блоку. Наприклад, для виступів з висотою, що дорівнює 18 мм, можна передбачити виготовлення 288 отворів у кожному з верхніх рядів і 576 отворів у кожному з нижніх рядів (що відповідає значенню N, що дорівнює 288). У такій конфігурації діаметр отворів може бути вибраний таким, що дорівнює 1 мм, а відстань між двома сусідніми отворами у верхньому ряду - таким, що дорівнює 3,8 мм (тобто таким, що перевищує діаметр отворів у 3,8 рази).



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3