



УКРАЇНА

(19) UA (11) 15748 (13) U
(51) МПК (2006)
F16J 15/44

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ЛАБІРИНТОВЕ УЩІЛЬНЕННЯ

1

2

(21) u200600423

(22) 16.01.2006

(24) 17.07.2006

(46) 17.07.2006, Бюл. № 7, 2006 р.

(72) Усенко Володимир Васильович

(73) ПРИВАТНЕ НАУКОВО-ВИРОБНИЧЕ ПІДПРИЄМСТВО "ПРОМТЕХНУС"

(57) 1. Лабіринтове ущільнення, що містить концентрично встановлену відносно вала нерухому обойму, в якій розташовані ущільнювальні гребені та розширювальні камери, що послідовно чергуються в осьовому напрямі, причому робочі крайки гребенів відносно вала встановлені з дроселюючим зазором, а периферійна в радіальному напрямі поверхня розширювальних камер виконана у вигляді профілю, що повторюється в окружному напрямі, переважно серпоподібною форми, яке відрізняється тим, що периферійна поверхня

розширювальних камер утворена розташованими між ущільнювальними гребенями проставками, кожна із яких виконана у вигляді згорнутої у кільце стрічки з профілем, що повторюється по її довжині, переважно серпоподібною форми, причому зовнішні поверхні виступів проставок спряжені із внутрішньою поверхнею обойми.

2. Лабіринтове ущільнення за п. 1, яке відрізняється тим, що торцеві поверхні проставок спряжені із суміжними поверхнями ущільнювальних гребенів, які виконані у вигляді зрізаного конуса.

3. Лабіринтове ущільнення за пп. 1 і 2, яке відрізняється тим, що ущільнювальні гребені виконані у формі зрізаного конуса з криволінійною твірною, наприклад, у вигляді гіперболи.

4. Лабіринтове ущільнення за пп. 1, 2 і 3, яке відрізняється тим, що проставки в окружному напрямі виконані складеними.

Корисна модель відноситься до техніки герметизації, зокрема до лабіринтових ущільнень, і призначена для безконтактної герметизації, заповнення газом або паром, порожнин під тиском в насосах, компресорах або турбоагрегатах валів, що обертаються, при високих окружних швидкостях.

Однією з традиційних різновидів лабіринтового ущільнення є наступна конструкція, її основу складає нерухома обойма, встановлена концентрично щодо ущільнюваного вала. У внутрішній порожнині обойми встановлені ущільнювальні гребені, що послідовно чергують в осьовому напрямі з розширювальними камерами. Робочі крайки ущільнювальних гребенів розташовані щодо ущільнюваного вала із дроселюючими зазорами. Між ущільнювальними гребенями в обоймі розміщені циліндричні кільця, що формують розширювальні циліндричні камери лабіринтового ущільнення. У такій конструкції ущільнюване середовище, проходячи під тиском через дроселюючий зазор між робочою крайкою ущільнювального гребеня та валом, що обертається, спочатку інтенсивно завихрюється, після чого потрапляє в суміжну розширювальну камеру. Процес розширення ущільнюваного сере-

довища в камері супроводжується частковим падінням його тиску, оскільки частина енергії середовища витрачається на непоправні втрати як на завихрення в ущільнюваному зазорі, так і на його розширення в кільцевій камері [див. Орлов П.І. Основи конструювання. - М.: Машинобудування. - том 3. - С.116. - Мал.271-1].

У лабіринтових ущільненнях, у тому числі і описаної конструкції, перепад тиску між її ступенями тим більший, чим більші сумарні втрати, пов'язані із завихренням ущільнюваного середовища і подальшим його розширенням. Але у викладеній конструкції кільцева форма розширювальної камери має в окружному напрямі постійну площу поперечного перетину. З цієї причини втрати тиску безпосередньо у камері розширення мінімальні, що знижує ефективність ущільнення. Крім того, ущільнюване середовище у розширювальній кільцевій камері під дією вала, що обертається, безперешкодно залучається до окружної течії, що сприяє утворенню нерівномірного окружного тиску ущільнюваного середовища. Таке положення створює умови виникнення поперечної сили, яка приводить до вібрації вала.

З опису винаходу до а.с. СРСР №1118827 [Кл.

UA (19) 15748 (13) U

F16J15/447, публікація від 15.10.84р.] відома конструкція лабіринтового ущільнення, прийнята як прототип. Це ущільнення також містить нерухому обойму, концентрично встановлену щодо ущільнюваного вала. У обоймі сформовані ущільнювальні гребені, що послідовно чергують в осьовому напрямі із розширювальними камерами. Останні утворені у тілі обойми шляхом виконання на її внутрішній поверхні серпоподібних лунок, розташованих рядами в осьовому та окружному напрямках. При цьому ряди лунок, що чергуються в осьовому напрямі, розділені перемичками, які утворюють в окружному напрямі кільцеві ущільнювальні гребені. Робочі краї цих гребенів розташовані щодо вала з дроселюючим зазором. Таким чином між ущільнювальними гребенями утворені розширювальні кільцеві камери, периферійна (у радіальному напрямі) поверхня яких є профілем серпоподібної форми, що повторюється в окружному напрямі. За рахунок цього такі розширювальні камери мають в окружному напрямі змінну площу, що є чинником, який визначає додаткові втрати тиску при розширенні ущільнюваного середовища. Крім того, змінна в окружному напрямі площа розширювальної камери обмежує окружний перебіг ущільнюваного середовища і тим самим сприяє рівномірному розподілу тиску навколо обертового вала, що значно знижує його вібрації.

У викладеній конструкції лабіринтового ущільнення профілізація периферійної поверхні розширювальних камер шляхом виконання у тілі обойми серпоподібних лунок спричинила за собою вкрай обмежені можливості для використання оптимальних форм і параметрів ущільнювальних гребенів. Один з чинників найбільшої ефективності лабіринтового ущільнення - це наявність максимально тонкого ущільнювального гребеня. Але у разі виконання серпоподібних лунок у тілі обойми методом, наприклад, фрезерування практично неможливо сформувати тонкої і гострої робочої крайки ущільнювального гребеня. Крім цього, проаналізована конструкція не дозволяє на практиці розташовувати робочі краї ущільнювальних гребенів під кутом назустріч потоку ущільнюваного середовища. З відмічених причин, не дивлячись на явні переваги розширювальних камер змінної площі у їх здатності пригнічувати вібрацію вала, що обертається, ефективність (скорочення об'ємних витрат) лабіринтового ущільнення такої конструкції у цілому не перевищило рівень ефективності лабіринтових ущільнень інших конструкцій. Крім того, для виключення задиру ущільнювальних гребенів з валом, що обертається, таке лабіринтове ущільнення виконують цілком з кольорового металу, що при великих його розмірах веде до високих фінансових витрат. Кінець кінцем, не дивлячись на наявність певних переваг такого ущільнення відносно зменшення вібрації вала, що обертається, це лабіринтове ущільнення має високий коефіцієнт об'ємної витрати ущільнюваного середовища та високу вартість виготовлення.

В основу створення корисної моделі поставлене завдання вдосконалення конструкції лабіринтового ущільнення шляхом створення умов для поєднання в ній переваг як форм, що зарекомендували себе, і параметрів ущільнювальних гребенів,

так і розширювальних камер змінної площі, що дозволить підвищити ефективність ущільнення. Крім того, додатковим завданням вдосконалення лабіринтового ущільнення є здешевлення вартості його виготовлення.

Поставлене завдання розв'язується тим, що лабіринтове ущільнення, як і раніше відоме, містить концентрично встановлену відносно вала нерухому обойму, в якій розташовані ущільнювальні гребені та розширювальні камери, що послідовно чергуються в осьовому напрямі, причому робочі краї ущільнювальних гребенів відносно вала встановлені із дроселюючим зазором, а периферійна в радіальному напрямі поверхня розширювальних камер виконана у вигляді профілю, що повторюється в окружному напрямі, переважно серпоподібної форми, згідно корисної моделі, периферійна поверхня розширювальних камер утворена розташованими між ущільнювальними гребенями проставками, кожна з яких виконана у вигляді згорнутої у кільце стрічки з профілем, що повторюється по її довжині, переважно серпоподібної форми, причому зовнішні поверхні виступів проставок спряжені зі внутрішньою поверхнею обойми.

Більш ефективно поставлене завдання розв'язується при таких варіантах конструктивного виконання лабіринтового ущільнення, при яких:

торцеві поверхні проставок спряжені із суміжними поверхнями ущільнювальних гребенів, які виконані у формі зрізаного конуса з прямолінійною твірною або зрізаного конуса з криволінійною твірною, наприклад, у вигляді гіперболи;

проставки в окружному напрямі виконані складеними.

У такому ущільненні стрічка, форма якої в подовжньому напрямі має профіль різноманітної форми (зубчатий, серпоподібний, хвиляподібний, у вигляді гофри і т.д.), що повторюється, при згортанні її у кільце формує в окружному напрямі профіль відповідної форми. Сформовані таким шляхом проставки після їх встановлення між тонкими ущільнювальними гребенями традиційної форми і конструкції утворюють одну з поверхонь розширювальних камер лабіринтового ущільнення - периферійно розташовану в радіальному напрямі. При цьому спряження зовнішніх поверхонь виступів профілю кільцевої стрічки з внутрішньою поверхнею обойми, а торцевих поверхонь з ущільнювальними гребенями, забезпечує необхідну для умов роботи ущільнення міцність і жорсткість конструкції. Вказаним шляхом забезпечується формування розширювальних кільцевих камер змінної в окружному напрямі площі, що дозволяє інтенсифікувати вихрові процеси в них та збільшити пов'язані з цим втрати тиску ущільнюваного середовища, а також обмежити окружні перетікання ущільнюваного середовища. Одночасно введення у конструкцію проставок у вигляді замкнутої кільцевої стрічки зберігає можливість конструювання і встановлення ущільнювальних гребенів різноманітного типу і форми з тонкими і високими гребенями, розташованими уперек (перпендикулярно) потоку ущільнюваного середовища або під кутом назустріч до нього. Досягається це шляхом видозміни форми виконання торцевих поверхонь цілісної або такої,

що складається із частин, але замкнутої в окружному напрямі, профільної стрічки. Залежно від форми ущільнювального гребеня (кільцева - конічна з прямою або криволінійною твірною) торцевим поверхням профільних проставок шляхом механічної обробки додається необхідна для їх спряження з ущільнювальними гребенями форма. Кінець кінцем, у такому ущільненні забезпечується можливість викладеними засобами оптимально з'єднати і сумарно використати переваги як тонких і високих ущільнювальних гребенів з гострими робочими крайками, так і розширювальних камер змінної в окружному напрямі площі. Відмічене у своїй сукупності дозволить збільшити перепад тиску між ступенями ущільнення, що в значній мірі понизить у порівнянні з відомими конструкціями, величину об'ємних витрат ущільнюваного середовища.

З усіх можливих форм профілю стрічки серпоподібна його форма найбільш переважна, оскільки забезпечує найбільший робочий об'єм в розширювальній камері лабіринтового ущільнення. Одночасно із цим така форма профілю не сприяє накопиченню бруду у западинках профілю і, отже, зменшенню об'єму розширювальної камери при перекачуванні компресором брудних газів, що містять механічні суспензії та липкі складові. У серпоподібних западинок немає застійних зон, тому вони мають властивість до самоочищення. В цілому ущільнення такої конструкції вигідно відрізняється від відомих за своєю вартістю, оскільки в ній тільки ущільнювальні гребені, необхідно виготовляти з кольорових металів.

Суть корисної моделі ілюструється кресленнями, на яких зображено. Фіг.1 - аксонометричне зображення загального виду лабіринтового ущільнення без вала.

Фіг.2 - подовжній перетин лабіринтового ущільнення, варіант конструкції з прямими в радіальному напрямі ущільнювальними гребенями.

Фіг.3 - аксонометрична проекція фрагмента профільної кільцевої стрічки та її розгортка варіанту конструкції ущільнення на Фіг.2.

Фіг.4 - подовжній перетин лабіринтового ущільнення, варіант конструкції із похиленими назустріч потоку ущільнюваного середовища ущільнювальними гребенями.

Фіг.5 - аксонометрична проекція фрагмента профільної кільцевої стрічки та її розгортка варіанту конструкції ущільнення на Фіг.4.

Фіг.6 - подовжній перетин лабіринтового ущільнення, варіант конструкції із криволінійними та похиленими назустріч потоку ущільнюваного середовища ущільнювальними гребенями.

Фіг.7 - аксонометрична проекція фрагмента кільцевої стрічки та її розгортка варіанту конструкції на Фіг.6.

Лабіринтове ущільнення містить нерухому обойму 1, яка встановлена щодо ущільнюваного вала 2 концентрично. У внутрішній циліндровій порожнині обойми 1 розташовані ущільнювальні гребені 3 та розширювальні кільцеві камери 4., що послідовно чергуються в осьовому напрямі. Ущільнювальні гребені 3 є тонкими кільцями з робочою крайкою 5, розташованою на меншому діаметрі. При цьому, робочі крайки 5 ущільнювальних

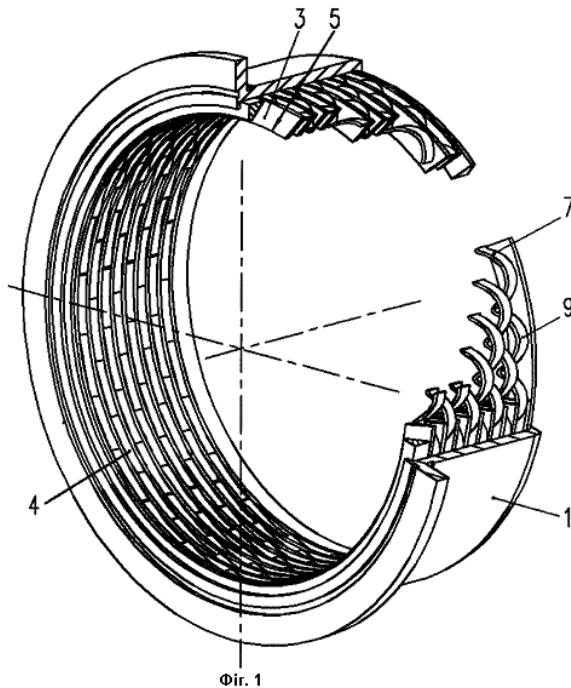
гребенів 3 встановлені щодо ущільнюваного вала 2 із дроселюючим зазором 6, утворюючи кільцеві щілини ущільнювачів розрахункової величини. Ущільнення з такою формою гребенів 3 надане Фіг.2. Можлива також конструкція, в якій робочі крайки 5 ущільнювальних гребенів 3 розташовані під кутом назустріч потоку ущільнюваного середовища, як це зображено на Фіг.4 і 6. Таке розташування робочих крайок 5 забезпечується шляхом додання ущільнювальним гребеням 3 форми двох різновидів зрізаного конуса. При будь-якій формі виконання ущільнювальних гребенів 3 розширювальні кільцеві камери 4 формуються шляхом встановлення між цими гребенями 3 проставок 7. Останні є згорнутою в кільце стрічкою 8, яка в початковому стані має по своїй довжині форму профілю раніше згаданих конфігурацій, що повторюються, а бічні (торцеві) сторони стрічки 8 паралельні між собою. Певні (також відмічені раніше) переваги має серпоподібний профіль, що не виключає в конкретних умовах застосування інших конфігурацій профілів. Профільна стрічка 8, будучи згорнутою у кільце та встановленою між двома суміжними ущільнювальними гребенями 3 до спряження зовнішніх поверхонь її виступів 9 зі внутрішньою циліндровою поверхнею обойми 1, формує своєю внутрішньою профільною поверхнею периферію в радіальному напрямі поверхню розширювальної камери 4. Таким чином, чергування профілю стрічки 8 в окружному напрямі дозволяє сформувати розширювальну камеру 4 змінною в окружному напрямі площі (приймати до уваги, що торцеві поверхні камер 4 утворені поверхнями суміжних ущільнювальних гребенів 3). Подальші видозміни проставок 7 безпосереднім чином пов'язані із різними варіантами розташування робочих крайок 5 і формою ущільнювальних гребенів 3. Коли ущільнювальні гребені 3 мають плоску форму, а їх робочі крайки 5 розташовані перпендикулярно до напрямку потоку ущільнюваного середовища, торцеві поверхні проставок 7 лежать у двох паралельних площинах, кожна з яких паралельна поверхням ущільнювальних гребенів 3 (Фіг.2). При конструктивному виконанні ущільнення по Фіг.4 торцеві поверхні проставок 7 спряжені з суміжними поверхнями ущільнювальних гребенів 3, виконаних у вигляді прямого зрізаного конуса (Фіг.4). У варіанті виконання лабіринтового ущільнення по Фіг.6 після механічної обробки проставок 7 їх торцевим поверхням надається форма, що забезпечує їх спряження із суміжними поверхнями ущільнювальних гребенів 3, які виконані у вигляді зрізаного конуса з криволінійною твірною у формі, наприклад, гіперболи. Саме така форма криволінійної твірної забезпечує не тільки похилене розташування робочих крайок 5 ущільнювальних гребенів 3 до потоку ущільнюваного середовища під різними кутами, але і дозволяє конструкції ущільнення мати мінімальну осьову довжину. При великому діаметрі ущільнюваного вала 2 згорнута в кільце стрічка 8 може бути не цілісною, а такою, що складається з декількох складових частин, що закріплюються (наприклад, зваркою, клеєм і т.д.) на внутрішній поверхні обойми 1.

У викладеній конструкції герметизація ущільнюваного середовища здійснюється таким чином.

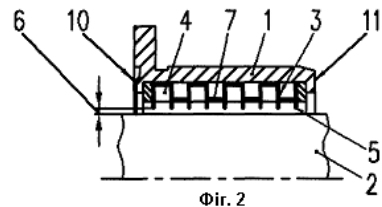
На робочих режимах машини, наприклад турбоагрегату, у торця 10 нерухомої обойми 1 ущільнюване середовище має вищий тиск, ніж у торця 11. При русі ущільнюваного середовища від торця 10 обойми 1 до торця 11 вона дроселює в зазорі 6 між робочими крайками 5 ущільнювальних гребенів 3 та валом 2. Процес дроселювання супроводжується інтенсивним вихороутворенням ущільнюваного середовища та зростанням швидкості його витікання через зазор 6. Після дроселювання через зазор 6 ущільнюване середовище заповнює розширювальну камеру 4. У цій камері 4 швидкісний натиск ущільнюваного середовища після його розширення трансформується в тиск, але по величині меншій ніж до дроселювання. При цьому профільна поверхня стрічки 8 проставок 7 перешкоджає вільному перетіканню ущільнюваного середовища в окружному напрямі, створюючи їй додатковий динамічний опір та забезпечуючи рівномірний розподіл тиску навколо вала 2. Таким чином, непоправні втрати тиску ущільнюваного середовища в цьому ступені ущільнення, як і у всіх подальших, складаються із втрат, пов'язаних з вихороутворенням у зоні дроселюючого зазору 6, а також із втрат, пов'язаних з розширенням та окружним динамічним опором у камері розширення 4. Тим самим створені умови для збільшення перепаду тиску ущільнюваного середовища на вході та виході із кожної розширювальної камери 4 ущільнення. Таким чином, проходячи послідовно через дроселюючі зазори 6 та розширювальні ка-

мери 4 лабіринтового ущільнення ущільнюване середовище на виході із нього (у торця 11 обойми 1) у порівнянні з подібними конструкціями має нижчий тиск. Оптимальне поєднання традиційних форм і розмірів робочих крайок 5 ущільнювальних гребенів 3 і камер розширення 4 змінної площі відміченим шляхом забезпечують підвищення ефективності ущільнення, тобто зниження коефіцієнта об'ємних втрат ущільнюваного середовища. Вказані параметри лабіринтового ущільнення виявляються з ще більшим ефектом у варіанті конструктивного виконання відповідно до Фіг.4 і 6 за рахунок похилого розташування робочих крайок 5 ущільнювальних гребенів 3 назустріч потоку ущільнюваного середовища.

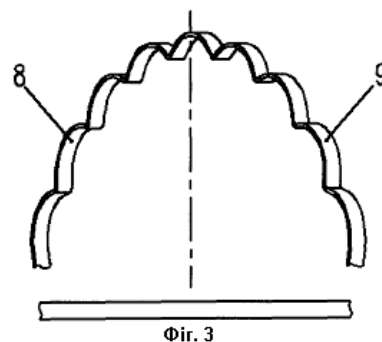
Викладені варіанти здійснення заявленої конструкції лабіринтового ущільнення підтверджують, що в ній створені необхідні умови для оптимального поєднання переваг як ефективних форм та параметрів ущільнювальних гребенів 3, так і розширювальних камер 4 змінної площі. При цьому істотним є той факт, що обмеження перетікання ущільнюваного середовища в окружному напрямі розширювальних камер 4 знижує величину циркуляційних сил, що викликають прецесійний рух ротора 2. Ця обставина, крім усього іншого, підвищує вібронадійність турбомашини. Забезпечуючи відмічені переваги, заявлена конструкція ще й дешевша у виробництві, оскільки в ній дорогі кольорові метали або сплави витрачаються тільки на виготовлення ущільнювальних гребенів 3.



Фіг. 1



Фіг. 2



Фіг. 3

