



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **118088** (13) **U**
(51) МПК (2017.01)
F01D 11/00

МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ

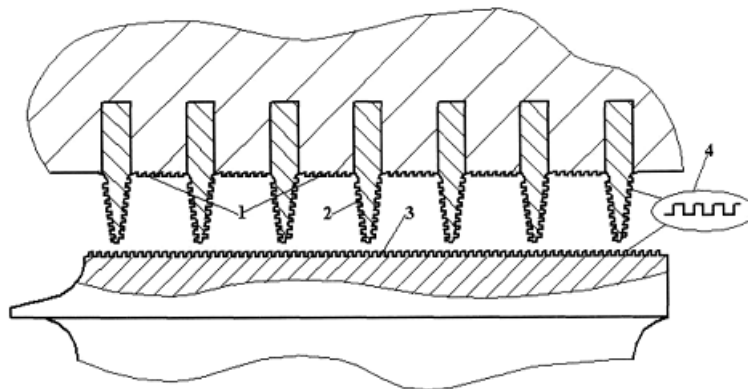
(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2017 00065	(72) Винахідник(и): Усатий Олександр Павлович (UA), Максюта Дмитро Ігорович (UA), Бойко Анатолій Володимирович (UA), Швецов Віктор Леонідович (UA)
(22) Дата подання заявки: 03.01.2017	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 25.07.2017	(73) Власник(и): НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ "ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ", вул. Фрунзе, 21, м. Харків-2, 61002 (UA)
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 25.07.2017, Бюл.№ 14	

(54) РАДІАЛЬНЕ УЩІЛЬНЕННЯ

(57) Реферат:

Радіальне ущільнення складається із статора і ротора, внутрішня та відповідно зовнішня поверхня яких сформована комбінаціями ділянок з циліндричною, конічною, плоскою кільцевою та тороподібною поверхнями, що створює на статорі та роторі, або тільки на статорі, чи тільки на роторі періодичне розташування ущільнювальних гребенів, або виступів та кільцевих канавок між ними. Внутрішня поверхня статора та зовнішня поверхня ротора, або їх окремі ділянки виконані з штучною шорсткістю, яка утворена навмисним збільшенням висоти профілю нерівностей відповідних поверхонь з розмірами: крок між виступами штучної шорсткості більше 0,4 мм, але не перевищує 0,25 ширини відповідної ділянки поверхні, ширина виступу штучної шорсткості не перевищує 0,8 її кроку, висота профілю виступу штучної шорсткості більше 0,25 мм, але не перевищує її кроку.



Фіг. 1

UA 118088 U

Корисна модель належить до галузі турбобудування, зокрема до радіальних ущільнень осевих турбін та компресорів, а саме, до надбандажного ущільнення колеса турбінного і компресорного ступеня, діафрагмового ущільнення соплового апарату ступеня та кінцевих ущільнень ротора турбіни та компресора і може бути використаний для ущільнення робочих і соплових решіток осевих ступенів, та кінцевих ущільнень ротора, як парових так і газових турбін, а також компресорів.

Відома конструкція радіального прямогочного ущільнення, що має ротор, зовнішня поверхня якого виконана в вигляді ділянки з гладкою циліндричною поверхнею на бандажі робочих лопаток та статора, внутрішня поверхня якого сформована комбінацією ділянок з циліндричною та конічною, або плоскою кільцевою поверхнями, що забезпечило утворення ущільнювальних гребенів та кільцевих канавок, що чергуються на статорі і утворюють з зовнішньою циліндричною поверхнею бандажа ущільнюючі зазори прямогочного радіального ущільнення [1]. Використання вказаного типу конструкції радіального ущільнення буде найбільш ефективним при висоті ущільнювальних гребенів більше двох величин радіальної ущільнюючої щілини, та відстані між гребенями приблизно в два з половиною рази більше від їх висоти [1].

Відома, також конструкція радіального гарантовано-безконтактного ущільнення, що має ротор і статор, внутрішня та відповідно зовнішня поверхня яких сформована комбінаціями ділянок з циліндричною, конічною, або плоскою кільцевою поверхнями, що забезпечує утворення ущільнювальних гребенів та кільцевих канавок, що чергуються, як на статорі, так і на роторі [1]. Рекомендоване співвідношення розмірів ущільнювальних гребенів аналогічне варіанту ущільнення з гладкою циліндричною поверхнею бандажа [1].

Відома, також конструкція радіального лабіринтового ущільнення, що має ротор і статор, внутрішня та відповідно зовнішня поверхня яких сформована комбінаціями ділянок з циліндричною та плоскою кільцевою поверхнями, що забезпечує утворення плоских ущільнювальних гребенів та кільцевих канавок, що чергуються на статорі, та виступів і впадин, які чергуються на роторі [2].

Перевагами наведених радіальних ущільнень являються їх прості конструкція і налагоджена технологія виготовлення.

Разом з цим, ефективність такого типу ущільнень досить низька, особливо у ущільнення з гладкою циліндричною зовнішньою поверхнею ротора, так як основний потік робочого тіла, що протікає через таке ущільнення, скочзає по гладкій зовнішній поверхні ротора і досить слабо реагує на наявність проміжних кільцевих канавок між довгими гребенями на внутрішній поверхні статора. Зовсім не значно, трохи більш ефективним є ущільнення з наявністю відповідних комбінацій ділянок з циліндричними та плоскими кільцевими поверхнями на статорі і роторі, що забезпечило створення на них довгих ущільнюючих гребенів та кільцевих канавок між ними. В цьому випадку основний струмінь робочого тіла проходить через щілини між гребенями статора та ротора, але не достатньо взаємодіє з кільцевими канавками між довгими гребенями на роторі і статорі.

Найближчим аналогом до корисної моделі, що заявляється, є радіальне лабіринтове ущільнення, що має статор, внутрішня поверхня якого сформована комбінаціями ділянок з циліндричною та конічною поверхнями, що забезпечує утворення клиноподібних ущільнювальних гребенів різної висоти і кільцевих канавок між ними, та ротор, зовнішня поверхня якого сформована необхідними комбінаціями ділянок з циліндричною та плоскою кільцевою поверхнями, що забезпечує утворення виступів і кільцевих канавок, які чергуються на роторі [3].

В основу корисної моделі поставлено задачу підвищення ефективності радіальних ущільнень шляхом штучного навмисного підвищення шорсткості поверхні статора і ротора.

Поставлена задача вирішується тим, що у радіальних ущільнень, що складаються із статора і ротора, внутрішня та відповідно зовнішня поверхня яких сформована необхідними комбінаціями ділянок з циліндричною, конічною, плоскою кільцевою та тороподібною поверхнями, що створює на статорі та роторі, або тільки на статорі, чи тільки на роторі періодичне розташування ущільнювальних гребенів, або виступів та кільцевих канавок між ними, згідно з корисною моделлю, внутрішню поверхню статора та зовнішню поверхню ротора, або їх окремі ділянки виконано з штучною шорсткістю, яка утворена навмисним збільшенням висоти профілю нерівностей відповідних поверхонь.

Як відомо, [4], підвищена шорсткість поверхні каналів веде до збільшення інтенсивності вихрових течій в них, додаткової втрати тиску в каналах та зменшення витрати робочого тіла, що протікає через такі канали. Відповідно виконання внутрішньої поверхні статора та зовнішньої поверхні ротора, або їх окремих ділянок з штучною шорсткістю приводить до суттєвого

збільшення втрат тиску в радіальних ущільненнях та зменшення витрати робочого тіла, що протікає через таке радіальне ущільнення.

Корисна модель пояснюється кресленнями.

5 На Фіг. 1 зображено радіальне прямооточне ущільнення з ущільнювальними гребнями на статорі та штучною шорсткістю поверхонь статора і ротора.

На Фіг. 2 зображено радіальне гарантовано-безконтактне ущільнення з ущільнювальними гребнями на статорі і роторі та штучною шорсткістю поверхонь статора і ротора.

На Фіг. 3 - радіальне лабіринтове ущільнення з штучною шорсткістю поверхонь статора і ротора.

10 На Фіг. 4 - фрагмент радіального ущільнення з трикутною формою виступів штучної шорсткості.

На Фіг. 5 - фрагмент радіального ущільнення з трапецеподібною формою виступів штучної шорсткості.

15 На Фіг. 6 - фрагмент радіального ущільнення з хвилястою формою виступів штучної шорсткості.

На Фіг. 7 - характер течії робочого тіла в радіальних прямооточних ущільненнях.

На Фіг. 8 - характер течії робочого тіла в радіальних лабіринтових ущільненнях.

20 На Фіг. 1 наведено радіальне прямооточне ущільнення, у якого внутрішня поверхня статора сформована необхідними комбінаціями ділянок з циліндричною (1) та конічною (2) поверхнями, а зовнішня поверхня ротора - тільки циліндричною поверхнею (3), причому поверхні статора і ротора виконані з штучною шорсткістю, яка утворена навмисним збільшенням висоти профілю нерівностей відповідних поверхонь.

25 На Фіг. 2 наведено радіальне гарантовано-безконтактне ущільнення, у якого внутрішня поверхня статора та зовнішня поверхня ротора сформовані необхідними комбінаціями ділянок з циліндричною (1) та конічною (2) поверхнями, причому поверхні статора і ротора виконані з штучною шорсткістю, яка утворена навмисним збільшенням висоти профілю нерівностей відповідних поверхонь (3).

30 На Фіг. 3 наведено радіальне лабіринтове ущільнення, у якого внутрішня поверхня статора сформована необхідними комбінаціями ділянок з циліндричною (1) та конічною (2) поверхнями, а зовнішня поверхня ротора - комбінаціями ділянок з циліндричною поверхнею (3) та плоскою кільцевою поверхнями (4), причому поверхні статора і ротора виконані з штучною шорсткістю, яка утворена навмисним збільшенням висоти профілю нерівностей відповідних поверхонь (5).

35 На Фіг. 4, 5, 6 наведені фрагменти радіальних ущільнень, у яких внутрішня та зовнішня поверхні відповідно статора і ротора виконані з штучною шорсткістю, профіль виступів нерівностей якої має трикутну, трапецеподібну та хвилясту форму відповідно.

40 Розрахунки виконані з використанням 3D моделювання течії реального робочого тіла (водяної пари) для прямооточного радіального надбандажного ущільнення з гладкими поверхнями статора і ротора та аналогічного ущільнення з штучною шорсткістю поверхонь статора і ротора показали, що варіант радіального надбандажного ущільнення з штучною шорсткістю поверхонь статора і ротора забезпечує суттєве зменшення витрати водяної пари, яка протікає через таке ущільнення порівняно з радіальним надбандажним ущільненням з гладкими поверхнями статора і ротора. Відносна різниця в витратах водяної пари в таких радіальних ущільненнях становила 51,5%. Для інших варіантів радіальних ущільнень (лабіринтових та гарантовано безконтактних) при нанесенні штучної шорсткості на поверхні статора і ротора відносна різниця витрати водяної пари є меншою.

45 З Фіг. 7, 8 дуже добре видно різницю в характерах течії водяної пари через радіальні ущільнення з гладкими поверхнями статора і ротора та радіальними ущільненнями з штучною шорсткістю поверхонь статора і ротора.

50 Так, на Фіг. 7а видно, що основний потік водяної пари через радіальне ущільнення з гладкими поверхнями статора і ротора проходить вздовж бандажа з гладкою циліндричною поверхнею. Вихрові течії в кільцевих канавках з гладкими поверхнями між ущільнюючими гребнями досить слабо розвинені, що і приводить до менших втрат тиску в них і відповідно до більших значень витрати водяної пари, що протікає через такі ущільнення.

55 Із Фіг. 7б видно, що використання штучної шорсткості поверхонь статора і ротора приводить до суттєвого розвитку вихрових течій, як в кільцевих канавках, так і на циліндричній поверхні бандажа. Підтримання та розвиток таких вихрових течій потребує більшої затрати енергії, веде до більшої втрати тиску, та відповідного зменшення витрати пари, що протікає через радіальне ущільнення у якого присутня штучна шорсткість поверхонь статора і ротора.

60 Аналогічний ефект підвищення інтенсивності вихрових течій виникає і в радіальних лабіринтових ущільненнях, у яких поверхні ротора виконані з штучною шорсткістю Фіг. 8б в

порівнянні з аналогічним ущільненням у якого поверхні статора і ротора виконані гладкими (Фіг 8а). Крім того, штучна шорсткість зменшує швидкість течії (червоний колір - велика швидкість, синій - низька) та знижує витрату водяної пари.

Джерела інформації:

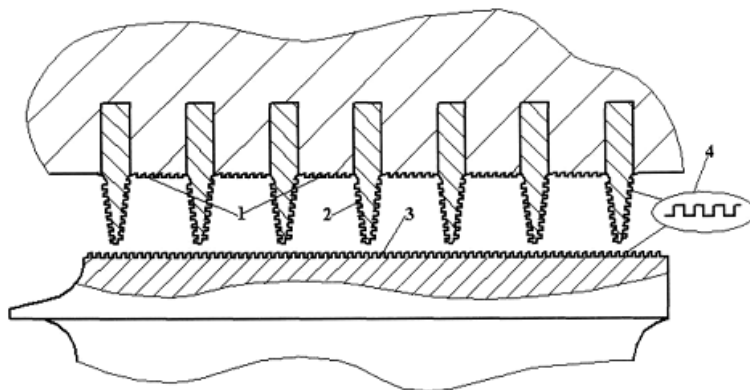
- 5 1. Уплотнения лабиринтовые стационарных паровых и газовых турбин и компрессоров /Руководящий технический материал РТМ 108.020.33-86.
2. Пат. 2252315 Російська Федерація, МПК F01D в 11/00. Концевое уплотнение цилиндра паровой турбины /Пименов В.М.; заявитель и патентообладатель Пименов Владимир Михайлович. - № 2003136436/06 заявл. 05.12.2003; опубл. 20.05.2005.
- 10 3. Пат. 2525281 Російська Федерація, МПК F01D в 11/02, F16J в 15/447. Способ уплотнения турбины (варианты) /Джонсон Дж. (US); заявитель и патентообладатель Джонсон Джерри (US). - № 2012102321/06 заявл. 24.01.2012; опубл. 10.08.2014, Бюл. № 22.
4. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям /Идельчик И.Е. - Москва.: Машиностроение, 1992. - 672 с.

15

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Радіальне ущільнення, що складається із статора і ротора, внутрішня та відповідно зовнішня поверхня яких сформована комбінаціями ділянок з циліндричною, конічною, плоскою кільцевою та тороподібною поверхнями, що створює на статорі та роторі, або тільки на статорі, чи тільки на роторі періодичне розташування ущільнювальних гребенів, або виступів та кільцевих канавок між ними, яке **відрізняється** тим, що внутрішня поверхня статора та зовнішня поверхня ротора, або їх окремі ділянки виконані з штучною шорсткістю, яка утворена навмисним збільшенням висоти профілю нерівностей відповідних поверхонь з розмірами: крок між виступами штучної шорсткості більше 0,4 мм, але не перевищує 0,25 ширини відповідної ділянки поверхні, ширина виступу штучної шорсткості не перевищує 0,8 її кроку, висота профілю виступу штучної шорсткості більше 0,25 мм, але не перевищує її кроку.

25



Фіг. 1

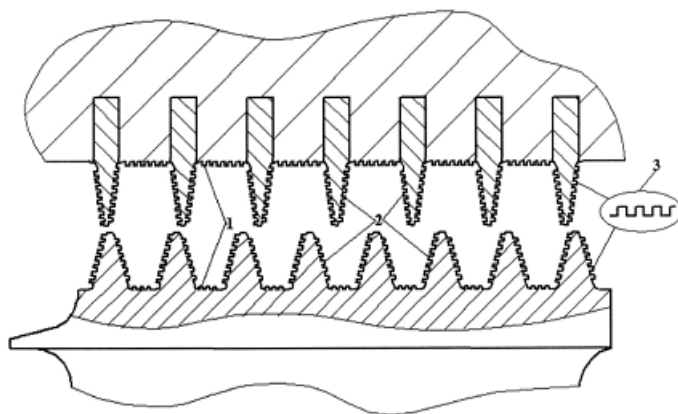


Fig. 2

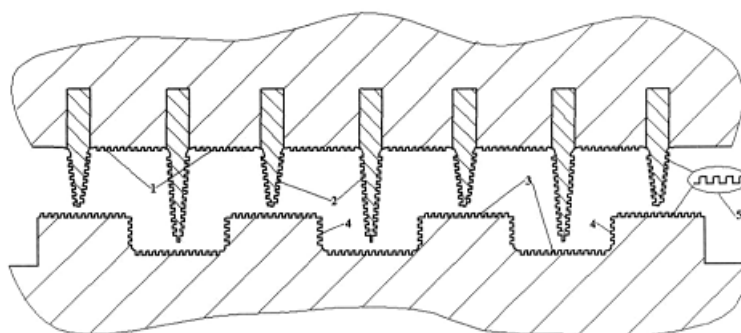


Fig. 3

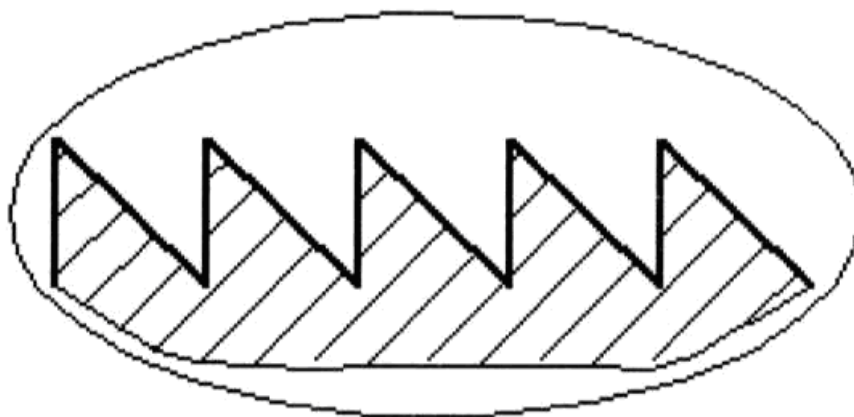
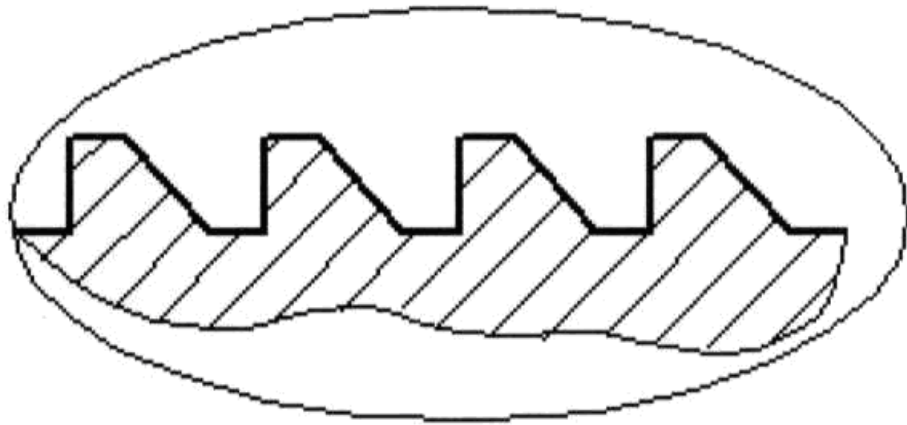
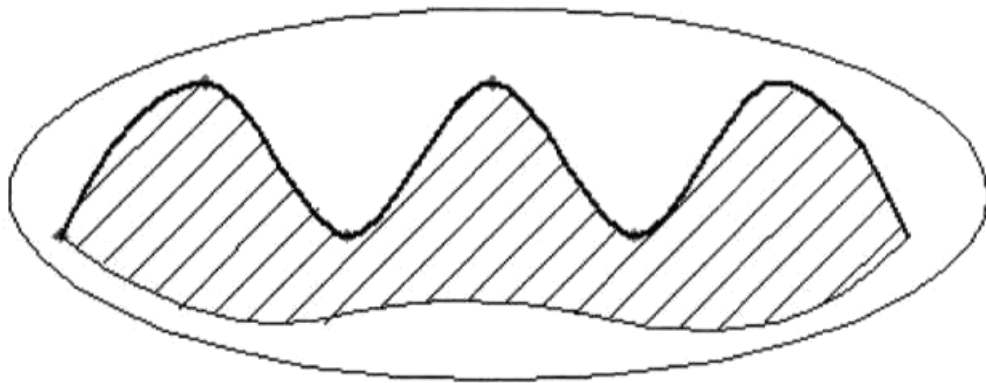


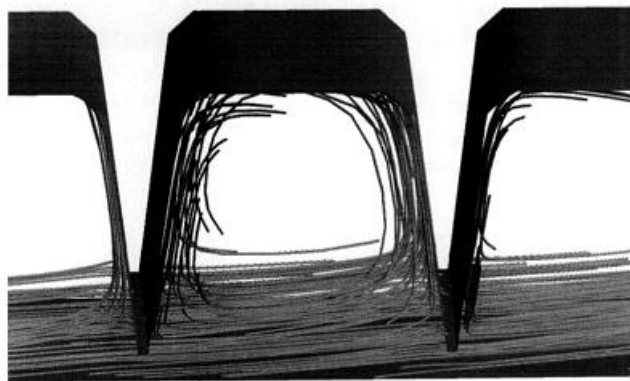
Fig. 4



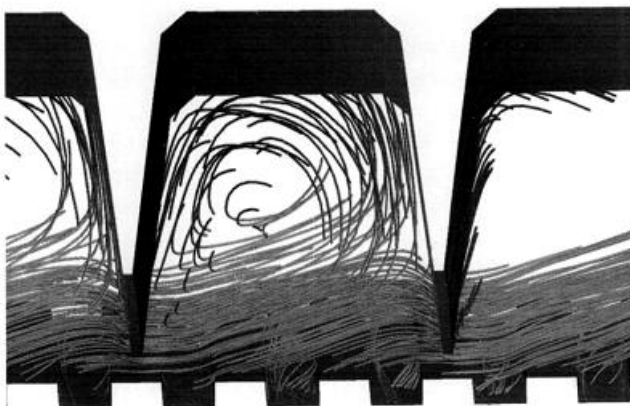
Фиг. 5



Фиг. 6

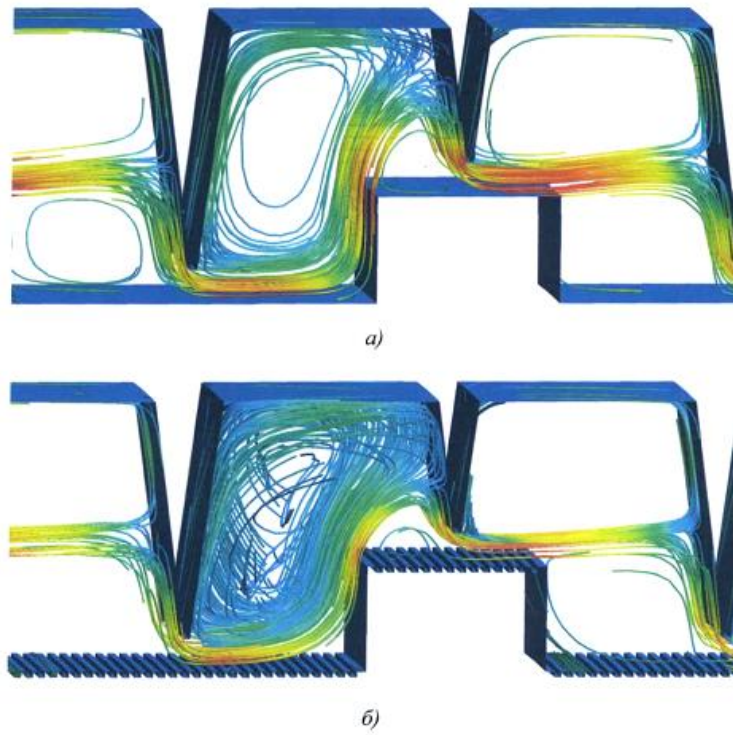


a)



b)

Фиг. 7



Фіг. 8