



УКРАЇНА

(19) UA (11) 94199 (13) C2  
(51) МПК (2011.01)  
F01D 1/00  
F01D 1/32 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

### (54) РЕАКТИВНА ТУРБІНА

1

(21) а201009368  
(22) 26.07.2010  
(24) 11.04.2011  
(46) 11.04.2011, Бюл.№ 7, 2011 р.  
(72) БУЛАТ АНАТОЛІЙ ФЕДОРОВИЧ, ЧЕМЕРИС  
ІГОР ФЕДОРОВИЧ, КОМЛЄВА ІРИНА ЮРЬІВНА  
(73) ІНСТИТУТ ГЕОТЕХНІЧНОЇ МЕХАНІКИ ІМ.  
М.С. ПОЛЯКОВА НАН УКРАЇНИ  
(56) RU 2034160 C1, 30.04.1995  
US 5560196 A, 01.10.1996  
UA 90232 C2, 12.04.2010  
US 6565310 B1, 20.05.2003  
US 4332520 A, 01.06.1982  
US 3919845 A, 18.11.1975  
RU 2193669 C2, 27.11.2002  
RU 2303137 C1, 20.07.2007  
(57) 1. Реактивна турбіна, що містить ротор з ка-  
налами підведення до сопел робочого тіла, приєд-  
наними до порожнини, розміщеної на валу турбіни  
співвісно з валом, причому центральна вісь каналу  
розміщена в площині обертання турбіни, а сам  
канал складається з прямолінійної радіальної ді-  
лянки і зістикованої з нею входом криволінійної  
ділянки, вихід якої орієнтований по напрямку обер-  
тання ротора турбіни, яка **відрізняється** тим, що  
вихід криволінійної ділянки каналу зістикований із  
входом частини сопла, що звужується, коаксіально  
якої із зазором за допомогою центруючих ребер  
закріплена частина сопла, що розширюється, яка  
забезпечена закріпленням на її вході співвісним

2

відбивачем, що з'єднує внутрішні порожнини вихо-  
ду частини сопла, що звужується, і входу частини  
сопла, що розширюється, за допомогою кільцевого  
криволінійного каналу, опукла сторона якого пове-  
рнена у бік обертання турбіни.

2. Реактивна турбіна за п. 1, яка **відрізняється**  
тим, що кільцевий криволінійний канал виконаний  
тороїдальним і утворений обертанням дуги кола  
навколо подовжньої осі сопла, при цьому початок  
дуги збігається з точкою перетину площини, в якій  
розташовані торці частин сопла, що звужуються і  
розширюються, з подовжньою віссю сопла, перпе-  
ндикулярною до цієї площини, а кінець дуги плав-  
но сполучений з внутрішньою поверхнею входу  
частини сопла, що розширюється.

3. Реактивна турбіна за п. 1 і п. 2, яка **відрізня-  
ється** тим, що радіус дуги кола  $R$  і відстань  $\delta$  від  
площини, перпендикулярної подовжній осі сопла,  
до центра дуги кола, визначаються по залежнос-  
тях

$$R = \frac{D_d}{4 \cdot \cos \alpha}, \text{ м}$$

$$\delta = \frac{D_d}{4} \operatorname{tg} \alpha, \text{ м},$$

де  $D_d$  - діаметр внутрішньої поверхні частини  
сопла, що розширюється, по торцю його початку,  
м;

$\alpha$  - кут частини сопла, що розширюється, град.

Винахід належить до області енергомашино-  
будування, зокрема до безлопатних турбінних  
установок, і може застосовуватися для приводу  
електрогенераторів, компресорів, насосів.

Відома реактивна турбіна, що містить ротор з  
каналами підведення до сопел робочого тіла, при-  
єднаними до порожнини, розміщеної на валу тур-  
біни співвісно з валом, причому, центральна вісь  
каналу розміщена в площині обертання ротора  
турбіни, сам канал складається з прямолінійної

радіальної ділянки і зістикованої з ним криволіній-  
ної ділянки, кінець якої переходить в сопло. Все-  
редині каналу розміщено гідродинамічне тіло, що  
створює при взаємодії з потоком робочого тіла  
додатковий крутний момент [1]. Недоліком даної  
реактивної турбіни є мала величина додаткового  
крутного моменту, внаслідок зменшення швидкос-  
ті, а, отже, і потужності струменя робочого тіла на  
виході з сопла із-за розміщення гідродинамічного  
тіла на шляху струменя.

(13) C2

(11) 94199

(19) UA

Найбільш близькою по технічній суті і результатах, що досягаються, є реактивна турбіна, що містить ротор з каналами підведення до сопел робочого тіла, приєднаними до порожнини, розміщеної на валу турбіни співвісно з валом, причому центральна вісь каналу розміщена в площині обертання турбіни, а сам канал складається з прямолінійної радіальної ділянки і зістикованої з ним входом криволінійної ділянки, вихід якої орієнтований по напрямку обертання турбіни і зістикований з входом додаткової криволінійної ділянки, вихід якої зістикований з соплом, при цьому опукла сторона додаткової криволінійної ділянки повернута у бік обертання турбіни [2]. Недоліком даної реактивної турбіни є мала величина додаткового крутного моменту, внаслідок малого плеча дії додаткової відцентрової сили і послідовного з'єднання частин сопла, що звужується і розширюється.

В основу винаходу поставлена задача удосконалення реактивної турбіни, яка забезпечена коаксіальним розташуванням частин сопла, що звужуються і розширюються, а також відбивачем, закріпленим на частині сопла, що розширюється, внаслідок чого відбувається збільшення крутного моменту турбіни і, як наслідок, збільшення її коефіцієнта корисної дії.

Поставлена задача вирішується за рахунок того, що в реактивній турбіні, що містить ротор з каналами підведення до сопел робочого тіла, приєднаними до порожнини, розміщеної на валу турбіни співвісно з валом, причому центральна вісь каналу розміщена в площині обертання турбіни, а сам канал складається з прямолінійної радіальної ділянки і зістикованого з нею входу криволінійної ділянки, вихід якої орієнтований по напрямку обертання ротора турбіни, відповідно до винаходу вихід криволінійної ділянки каналу зістикований з входом частини сопла, що звужується, коаксіально йому із зазором за допомогою центруючих ребер, прикріплених до однієї з частин сопла, закріплена частина сопла, що розширюється, забезпечена закріпленням на її вході співвісним відбивачем, що сполучає внутрішні порожнини виходу частини сопла, що звужується, і входу частини сопла, що розширюється, за допомогою кільцевого криволінійного каналу, опукла сторона якого повернена у бік обертання турбіни, причому кільцевий криволінійний канал виконаний тороїдальним і утворений обертанням дуги кола навколо подовжньої осі сопла, при цьому початок дуги збігається з точкою перетину площини, в якій розташовані торці частин сопла, що звужуються і розширюються, з подовжньою віссю сопла, перпендикулярною до цієї площини, а кінець дуги плавно сполучений з внутрішньою поверхнею входу частини сопла, що розширюється, при цьому радіус дуги кола  $R$  і відстань  $\delta$  від площини, перпендикулярної подовжній осі сопла, до центра дуги кола, визначаються по залежностях:

$$R = \frac{D_d}{4 \cdot \cos \alpha}, \text{ м}$$

$$\delta = \frac{D_d}{4} \operatorname{tg} \alpha, \text{ м},$$

де  $D_d$  - діаметр внутрішньої поверхні частини сопла, що розширюється, по торцю його початку, м;

$\alpha$  - кут частини сопла, що розширюється, град.

Закріплення за допомогою центруючих ребер частини сопла, що розширюється, коаксіально із зазором до частини сопла, що звужується, зменшує аксіальну довжину і габарити сопла, збільшує поверхню пароутворення, інтенсифікуючи цей процес, і за рахунок зменшення габаритів сопла збільшує плече дії реактивної сили, а тим самим, крутний момент турбіни. Оздоблення частини сопла, що розширюється, відбивачем струменя, що повертає його майже на  $180^\circ$ , забезпечує додаткову силу від взаємодії струменя з відбивачем, а оскільки обидві частини сопла виконано коаксіально, то і плече додаткової сили максимальне, і максимальний сумарний крутний момент турбіни. Крім того, коаксіальне розташування частин сопла забезпечує передачу теплового потоку від частини сопла, що звужується, до тієї, що розширюється, в якій за рахунок зменшення тиску йде процес скипання. При цьому також відбувається інтенсифікація процесу скипання і, отже, зменшення габаритів сопла і, за рахунок збільшення тяги, збільшення крутного моменту турбіни. З'єднання двох частин сопла відбивачем з кільцевим криволінійним каналом сприяє зменшенню гідродинамічного опору при повороті струменя робочого тіла і збільшенню крутного моменту реактивної турбіни. За рахунок зміни  $R$  і  $\delta$  залежно від кута  $\alpha$  забезпечується мінімальний гідродинамічний опір при перетіканні струменя робочого тіла із частини сопла, що звужується в частину сопла, що розширюється. Також для зменшення гідродинамічного опору при вході криволінійної ділянки каналу в частину сопла, що звужується, ця ділянка може бути забезпечена еліптичним обтічником.

В одній площині, перпендикулярній осі обертання ротора турбіни, може бути симетрично розміщене декілька каналів підведення робочого тіла до сопел, таких площин може бути декілька. На фіг.1 представлена схема реактивної турбіни з двома каналами підведення робочого тіла, розміщеними в одній площині, перпендикулярній осі обертання ротора, а також вид А, який є бічною проекцією сопла цієї турбіни. Окрім цього приведений фіг.2, що є перетином Б-Б сопла турбіни, а також фіг.3, що є видом В із збільшенням 4:1.

Реактивна турбіна містить ротор 1 з каналами 2 підведення робочого тіла до сопел 3, причому канали приєднані до вузлової порожнини 4, яка розміщена на валу 5 турбіни, а самі канали складаються з прямолінійної радіальної ділянки 6, вихід якої (тут і далі по тексту поняття "вхід" і "вихід" належать до потоку робочого тіла всередині елемента схеми) з'єднаний з входом криволінійної ділянки 7, вихід якої орієнтований по напрямку обертання ротора турбіни і сполучений з входом частини, що звужується, 8 сопла 3, коаксіально якій з рівномірним зазором за допомогою ребер 9, прикріплених до однієї з частин сопла, розміщена частина, що розширюється, 10 сопла 3, причому вихід внутрішньої порожнини 11 частини, що звужується, 8 сопла 3 і вхід внутрішньої порожнини 12 частини, що розширюється, 10 сопла 3 сполучені ви-

конаним в закріпленому на початковій ділянці частини, що розширюється, 10 сопла 3 відбивачі 13 кільцевим криволінійним каналом 14, який є торойдальним і утворений обертанням дуги кола навколо подовжньої осі сопла 3, причому початок 15 дуги кола збігається з точкою перетину площини, в якій розташовані торці частин сопла 3, що звужується 8 і що розширюється 10, з подовжньою віссю сопла, перпендикулярною до цієї площини, а кінець 16 дуги плавно сполучений із внутрішньою поверхнею входу частини сопла, що розширюється 10, а вихід частини сопла, що розширюється 10, закріплений на криволінійній ділянці 7 каналу 2 підведення робочого тіла за допомогою кронштейна 17, хрестовини 18 і планки 19. Реактивна турбіна працює таким чином. Для обертання турбіни робоче тіло (вода, пара, газ або їх суміші) нагнітається насосом (на фіг. не показаний) по валу 5 у вузлову порожнину 4 сфероїдальної форми. Далі робоче тіло поступає з постійним тиском в канал 2 і через його прямолінійну радіальну ділянку 6 та криволінійну ділянку 7 поступає на вхід частини сопла, що звужується 8, з виходу якого робоче тіло у вигляді струменя гарячої рідини взаємодіє по кільцевому криволінійному каналу з відбивачем 13, створюючи додаткову силу, яка діє в напрямі обертання ротора за рахунок повороту струменя робочого тіла майже на  $180^\circ$ , після чого струмінь робочого тіла з тиском, рівним тиску насичення, надходить у внутрішню порожнину 12 частини сопла 3, що розширюється. Оскільки при цьому тиск в струмені падає нижче за тиск насичення для даної температури, то робоча рідина, рухаючись по частині сопла, що розширюється, скипає, утворюючи пароводяний потік, паровміст в якому у міру наближення до зрізу сопла збільшується. При цьому також збільшується і швидкість пароводяного струменя, який на виході з кільцевого зазору, утвореного частинами сопла 3, створює реактивну силу, що діє в один бік з силою струменя робочого

тіла, що утворюється при взаємодії, з відбивачем 13.

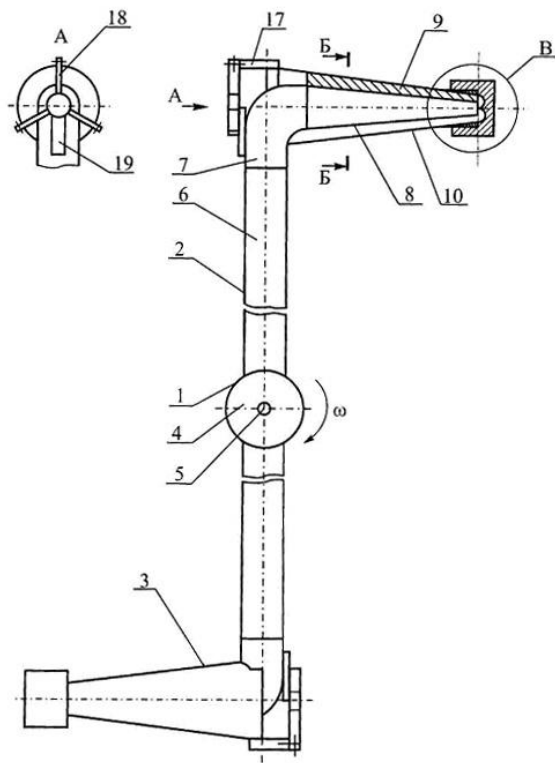
При цьому результируючий крутний момент на валу турбіни істотно (більш ніж в два рази) збільшиться, оскільки ці дві сили, складаючись, діють на однаковому і максимальному плечі, створюючи максимальний крутний момент на валу турбіни. Зменшення розмірів сопла, а, отже, збільшення плеча дії даних реактивних сил забезпечується також паралельним з'єднанням частин сопла, що звужуються і розширюються, а також інтенсифікацією пароутворення за рахунок розвиненої поверхні сопла (працюють зовнішня поверхня частини сопла, що звужується, внутрішня поверхня частини сопла, що розширюється, і обидві бічні поверхні ребер). Крім того, інтенсифікація пароутворення має місце за рахунок передачі теплового потоку від частини, що звужується, до частини сопла, що розширюється, що також сприяє зменшенню габаритів сопла, повнішому спрацюванню теплової енергії потоку робочого тіла, а, отже, збільшенню крутного моменту турбіни і підвищенню її коефіцієнта корисної дії.

У заявленій реактивній турбіні збільшення крутного моменту забезпечується за рахунок створення додаткової сили від взаємодії струменя робочого тіла з відбивачем, збільшення плеча дії цієї сили за рахунок виконання сопла з двох частин, коаксіальних відносно один одного і за рахунок розвиненої площі сопла і передачі теплового потоку від частини сопла, що звужується до частини сопла, що розширюється, де йде пароутворення. Все це дозволяє збільшити крутний момент реактивної турбіни порівняно із прототипом на 15-20 %.

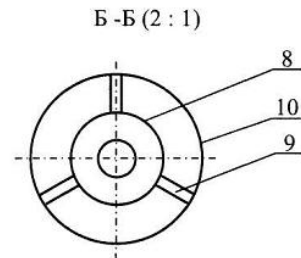
Джерела інформації

1. Пат. №2303137 RU, 7 F01D1/32. Реактивна турбіна / А.П. Солов'їв, Б.І. Туришев. (RU). - БІ, 2007. - №20.

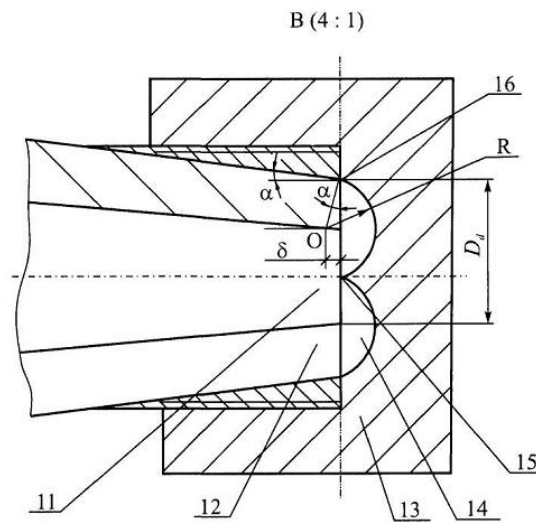
2. Пат. № 90232 UA, МПК (2009). Реактивна турбіна / А.Ф. Булат, І.Ф. Чемерис (UA). - БІ, 2010. - №7.



Фіг. 1



Фіг. 2



Фіг. 3