



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **110332** (13) **U**  
(51) МПК  
*F01D 25/30* (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**

|  |  |
|--|--|
| <p>(21) Номер заявки: <b>u 2016 02201</b></p> <p>(22) Дата подання заявки: <b>09.03.2016</b></p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>10.10.2016</b></p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>10.10.2016, Бюл.№ 19</b></p> | <p>(72) Винахідник(и):<br/><b>Юдін Юрій Олексійович (UA),<br/>Швецов Віктор Леонідович (UA),<br/>Суботович Валерій Петрович (UA),<br/>Лапузін Олександр Вікторович (UA),<br/>Юдін Олександр Юрійович (UA)</b></p> <p>(73) Власник(и):<br/><b>НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ<br/>УНІВЕРСИТЕТ "ХАРКІВСЬКИЙ<br/>ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ",<br/>вул. Фрунзе, 21, м. Харків-2, 61002 (UA)</b></p> |
|--|--|

**(54) ВИХЛОПНА ЧАСТИНА ПАРОВОЇ ТУРБИНИ**

**(57) Реферат:**

Вихлопна частина парової турбіни має корпус, який складається з верхньої та нижньої частин, з'єднаних на рівні горизонтального роз'єму, з однібічним виходом пари із нижньої частини корпусу в конденсатор, останній ступінь з порожнинами, сполученими з вологоуловлюючою камерою з отворами та кільцевим каналом з вихідною щілиною в обичайці дифузора. Кільцевий канал для відведення пари із вологоуловлюючої камери виконано із змінним у коловому напрямі розміром вихідної щілини без зміни її площі таким чином, що середній вздовж кола розмір  $l_{cp}$  вихідної щілини має місце у зоні горизонтального роз'єму, у верхній частині корпусу вихідна щілина звужена до розміру  $(0,4 - 0,6) \cdot l_{cp}$ , а в нижній частині корпусу з боку виходу пари в конденсатор щілина розширена до розміру  $(1,4 - 1,6) \cdot l_{cp}$ .

**UA 110332 U**

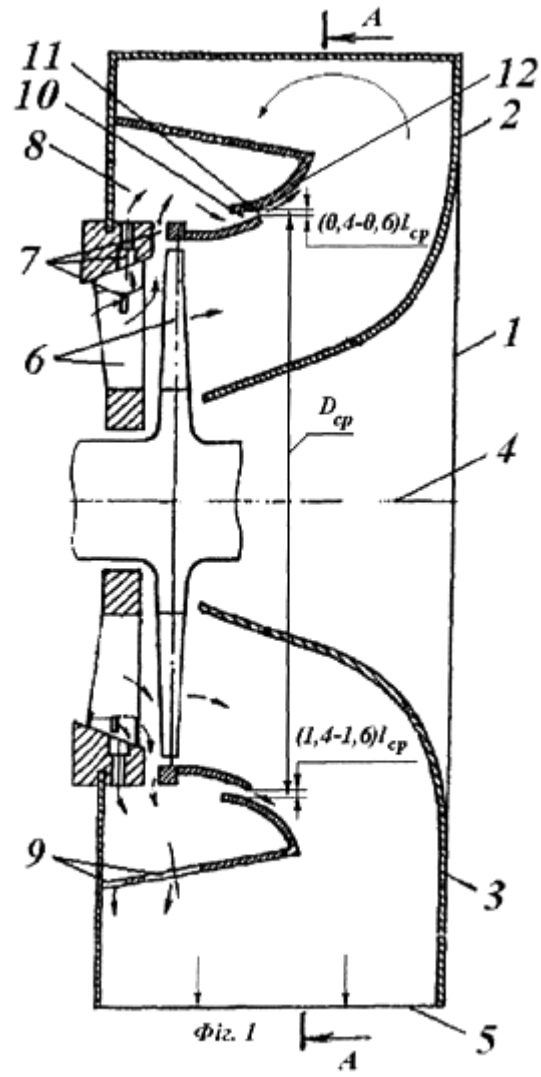


Fig. 1

Корисна модель відноситься до галузі турбінобудування і може бути використана під час проектування та реконструкції вихлопних частин парових турбін з метою підвищення їх економічності та надійності шляхом забезпечення потрібної за критеріями ерозійної надійності витрати вологої пари із проточної частини останнього ступеня парової турбіни у вологоуловлюючу камеру при безвідривному обтіканні обводів вихлопного дифузора та раціональній течії в корпусі вихлопного патрубку в коловому напрямі.

Відомий вихлопний пристрій турбомашини, що містить вихлопний патрубок і вісерадіальний дифузор, виконано із щілиною в зовнішньому обводі для впливу на примежовий шар [1].

У такій конструкції через відсутність вологоуловлюючої камери реалізується низька швидкість струменя пари із щілини, що не забезпечує оптимальне співвідношення зі швидкістю основного потоку, а за відсутності кільцевого каналу перед щілиною, що створює напрям струменя пари уздовж зовнішнього обводу, збільшуються втрати на змішування при взаємодії з основним потоком у дифузори.

Відомий вихлопний патрубок парової турбіни, що містить вологоуловлюючу камеру з отворами для видалення вологи в конденсатор і встановлений в корпусі дифузора, зовнішній обвід якого виконано у вигляді двох співвісних конічних обичайок, встановлених з утворенням сполученого з отворами кільцевого каналу, при цьому внутрішня обичайка примикає до стінки камери, а зовнішня - до корпусу [2].

Недоліком цієї конструкції є те, що витрата пари крізь кільцевий канал у зовнішній обичайці дифузора практично дорівнює витраті пари, що відбирається із останнього ступеня у вологоуловлюючу камеру. Ця витрата визначається за критеріями ерозійної надійності робочих лопаток останнього ступеня і надає надлишковий імпульс паровому струменю, який витікає із кільцевого каналу у зовнішній обичайці дифузора, що приводить за експериментальними даними до зростання втрат енергії у вихлопному патрубку і зниженню економічності турбіни.

Найближчим за технічною суттю та результатом, що досягається, є вихлопна частина парової турбіни, яка містить корпус з однобічним виходом пари в конденсатор, останній ступінь з порожнинами для відведення пари у вологоуловлюючу камеру, з якої відводиться пара і волога в корпус крізь отвори і кільцевий конфузторний канал з вихідною щілиною в обичайці дифузора [3].

Недоліком пристрою-прототипу, як і вищеописаних відомих конструкцій вихлопних частин парових турбін, є не врахованим при виборі розмірів вихідної щілини кільцевого каналу в обичайці дифузора в коловому напрямі характер течії робочого тіла в дифузори і корпусі вихлопного патрубку з однобічним виходом пари в конденсатор. Тому не забезпечуються в коловому напрямі оптимальні параметри струменя пари, який виходить із щілини, збільшуються втрати на змішування струменя пари із щілини з основним потоком в корпусі вихлопного патрубку, збільшується колова нерівномірність тиску за останнім ступенем, знижуються економічність та надійність турбіни.

Корисна модель належить до турбінобудування і може бути використана під час проектування та реконструкції вихлопних частин парових турбін.

Задача корисної моделі - підвищення економічності та надійності. Задача вирішується тим, що вихлопна частина парової турбіни, що має корпус, який складається з верхньої та нижньої частин, з'єднаних на рівні горизонтального роз'єму, з однобічним виходом пари із нижньої частини корпусу в конденсатор, останній ступінь з порожнинами, сполученими з вологоуловлюючою камерою з отворами та кільцевим каналом з вихідною щілиною в обичайці дифузора, кільцевий канал для відведення пари із вологоуловлюючої камери виконано із змінним у коловому напрямі розміром вихідної щілини без зміни її площі таким чином, що середній вздовж кола розмір  $l_{cp}$  вихідної щілини має місце у зоні горизонтального роз'єму, у верхній частині корпусу вихідна щілина звужена до розміру  $(0,4-0,6) \cdot l_{cp}$ , а в нижній частині корпусу з боку виходу пари в конденсатор щілина розширена до розміру  $(1,4-1,6) \cdot l_{cp}$ .

На Фіг. 1 зображена вихлопна частина парової турбіни, подовжній розрізі; на Фіг. 2 - переріз А-А на Фіг. 1.

Вихлопна частина парової турбіни містить корпус 1, що має верхню 2 і нижню 3 частини, сполучені на рівні горизонтального роз'єму 4, з однобічним виходом пари в конденсатор крізь вихідний переріз 5 з нижньої частини 3 корпусу 1, та останній ступінь 6. Останній ступінь 6 крізь порожнини 7 сполучається з вологоуловлюючою камерою 8, з якої відводиться пара і волога в корпус 1 крізь отвори 9 та вихідну щілину 11 кільцевого каналу 10 в обичайці 12 дифузора.

Вихідна щілина 11 кільцевого каналу 10 виконана із змінним у коловому напрямі розміром без зміни її площі таким чином, що середній вздовж кола розмір  $l_{cp}$  вихідної щілини 11

розташовано у зоні горизонтального роз'єму 4, у верхній частині 2 корпусу 1 вихідна щілина 11 звужується до розміру  $(0,4 - 0,6) \cdot I_{cp}$  у зоні, максимально віддаленій від горизонтального роз'єму 4, в нижній частині 3 корпусу 1 щілина 11 розширюється до розміру  $(1,4 - 1,6) \cdot I_{cp}$  у зоні, яка є найближчою до вихідного перерізу 5, крізь який пара прямує в конденсатор. Такий розподіл розміру вихідної щілини 11 кільцевого каналу 10 забезпечує оптимальні в коловому напрямі параметри струменя пари із щілини 11, безвідривну течію уздовж обичайки 12 дифузора та зменшення втрат від змішування струменя пари із щілини 11 з основним потоком із останнього ступеня 6 в корпусі 1.

Розрахункові та експериментальні дослідження показали, що величина оптимального імпульсу струменя пари із вихідної щілини 11, взаємодіючого з основним потоком із останнього ступеня 6 в корпусі 1 вздовж кола, залежить від кута повороту потоку в дифузори і корпусі 1, який в коловому напрямі може змінюватися від мінімального значення  $\sim 90^\circ$  у нижній частині 3 корпусу 1 до максимального  $\sim 270^\circ$  у верхній частині 2 корпусу 1. Для кожної зони корпусу 1, в якій потік повертається на певний кут, мають місце конкретні оптимальні локальні величини імпульсів струменя пари вздовж кола, які визначаються величиною витрати пари із вихідної щілини 11, та, отже, її розмірами, оскільки тиск у вологоуловлюючій камері 8 визначається необхідною кількістю пари та вологи із останнього ступеня 6, яка забезпечує ерозійну стійкість ступеня, і необхідною швидкістю пари із щілини 11 для прискорення примежового шару на обичайці 12 дифузора та реалізації безвідривного характеру течії.

Середній вздовж кола розмір  $I_{cp}$  вихідної щілини 11 є оптимальним для зони горизонтального роз'єму корпусу 1, де потік повертається на середній кут  $\sim 180^\circ$ . Збільшення розміру щілини за межі  $I_{cp}$  приводить до збільшення витрати пари із щілини 11 та зростанню втрат від взаємодії з основним потоком у зоні горизонтального роз'єму 4 корпусу 1. Зменшений розмір щілини, ніж величина  $I_{cp}$ , приводить до зниження витрати і імпульсу струменя пари, витікаючої із щілини 11 в цій зоні, та до зростання втрат, пов'язаних з відривом потоку від обичайки 12 дифузора.

Розмір  $(1,4 - 1,6) \cdot I_{cp}$  вихідної щілини 11 є оптимальним для нижньої частини 3 корпусу 1 у зоні, найближчої до вихідного перерізу 5, крізь який пара прямує в конденсатор, оскільки реалізує безвідривний характер течії в дифузори з кутом повороту потоку  $90^\circ$  та мінімальну взаємодію з потоком в корпусі 1. Зменшення цього розміру веде до зростання втрат у зв'язку з появою відривів потоку від обичайки 12 дифузора. При збільшенні розміру щілини 11 за межі  $(1,4 - 1,6) \cdot I_{cp}$  течія в дифузори залишається безвідривною, але при цьому збільшується загальна площа кільцевої вихідної щілини 11 кільцевого каналу 10, знижується тиск у вологоуловлюючій камері 8, зменшується раціональна швидкість виходу пари із щілини 11.

Для інших зон корпусу 1 вихлопного патрубка розміри щілини 11 кільцевого каналу 10 вздовж кола мають рівномірно розподілені проміжні величини за умови збереження середнього вздовж кола розміру щілини  $11 - I_{cp}$  та, відповідно, площі виходу пари із щілини  $11 - \pi \cdot D_{cp} \cdot I_{cp}$ .

Вихлопна частина працює таким чином.

Для забезпечення ерозійної стійкості останнього ступеня 6 пара з частинками вологи видаляється з її периферійної зони крізь порожнини 7 у вологоуловлюючу камеру 8 під дією різниці тиску в порожнинах 7 та камері 8. Перепад тиску між порожнинами 7 і камерою 8 за умовами роботи системи вологовидалення забезпечує критичний режим витікання із порожнин 7. Необхідна величина тиску в камері 8, від якої залежить також швидкість витікання пари із щілини 11 кільцевого каналу 10, визначається сумарною площею отворів 9 та вихідної щілини 11. Площа отворів 9 є такою, що витрата пари крізь отвори 9 дорівнює різниці між витратою пари, яка надходить у вологоуловлюючу камеру 8 крізь порожнини 7, площа яких визначається із умови ерозійної стійкості останнього ступеня 6, та витрати пари, що відводиться з камери 8 крізь вихідну щілину 11, площа якої та змінні вздовж кола розміри щілини 11 визначаються із умови раціональної течії в дифузори та корпусі 1 вздовж кола.

Вихід пари із вологоуловлюючої камери 8 уздовж обичайки 12 дифузора здійснюється у вигляді кільцевого струменя із вихідної щілини 11, що звужується в залежності від віддалення від горизонтального роз'єму 4 у верхній частині 2 корпусу 1, де кут повороту потоку, відповідно, збільшується, що забезпечує зменшення локальних величин витрати і імпульсу струменя пари із щілини 11. При цьому реалізується безвідривне обтікання обичайки 12 дифузора та зниження втрат від змішування струменя пари із щілини 11 з основним потоком за останнім ступенем 6 у верхній частині 2 корпусу 1.

Вихід пари із вологоуловлюючої камери 8 уздовж обичайки 12 дифузора в нижній частині 3 корпусу 1 здійснюється у вигляді кільцевого струменя із вихідної щілини 11, яка розширюється у залежності від віддалення від горизонтального роз'єму 4 та наближення до вихідного перерізу 5 корпусу 1. Розширення вихідної щілини 11 збільшує локальні величини витрати і імпульсу

5 струменя пари із щілини 11, що за умов зменшення кута повороту потоку в корпусі 1 та взаємодії високошвидкісного струменя пари із щілини 11 з основним потоком після останнього ступеня 6 в корпусі 1 забезпечує безвідривне обтікання обичайки 12 дифузора та зниження втрат.

10 Таким чином, змінний вздовж кола розмір вихідної щілини 11 кільцевого каналу 10, що звужується у верхній 2 та розширюється в нижній 3 частинах корпусу 1, забезпечує безвідривне обтікання обичайки 12 дифузора та зменшення втрат від змішування в корпусі 1 і, відповідно, зниження повних втрат вихлопного патрубку, колової нерівномірності тиску за останнім ступенем 6, та за умови незмінності загальної площі виходу пари із щілини 11 в обичайці 12 дифузора зберігає ерозійну стійкість робочих лопаток останнього ступеня 6.

15 Наведене технічне рішення дозволяє шляхом раціонального відведення вологої пари із проточної частини останнього ступеня забезпечити безвідривне обтікання обичайки дифузора, раціональну течію в корпусі вздовж кола, що підвищує економічність вихлопної частини при збереженні ерозійної надійності останнього ступеня парової турбіни.

20 Джерела інформації:

1. Авторське свідоцтво СРСР № 775355, Кл. F01D25/30, 1979 р.
2. Авторське свідоцтво СРСР № 1321847, Кл. F01D25/30, 1985 р.
3. Патент Російської Федерації № 2053373, Кл. F01D25/30, Кл. F01D25/30, 1996 р.

25

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Вихлопна частина парової турбіни, що має корпус, який складається з верхньої та нижньої частин, з'єднаних на рівні горизонтального роз'єму, з однобічним виходом пари із нижньої частини корпусу в конденсатор, останній ступінь з порожнинами, сполученими з

30 вологоуловлюючою камерою з отворами та кільцевим каналом з вихідною щілиною в обичайці дифузора, яка **відрізняється** тим, що кільцевий канал для відведення пари із вологоуловлюючої камери виконано із змінним у коловому напрямі розміром вихідної щілини без зміни її площі таким чином, що середній вздовж кола розмір  $l_{cp}$  вихідної щілини має місце у

35 зоні горизонтального роз'єму, у верхній частині корпусу вихідна щілина звужена до розміру  $(0,4 - 0,6) \cdot l_{cp}$ , а в нижній частині корпусу з боку виходу пари в конденсатор щілина розширена до розміру  $(1,4 - 1,6) \cdot l_{cp}$ .

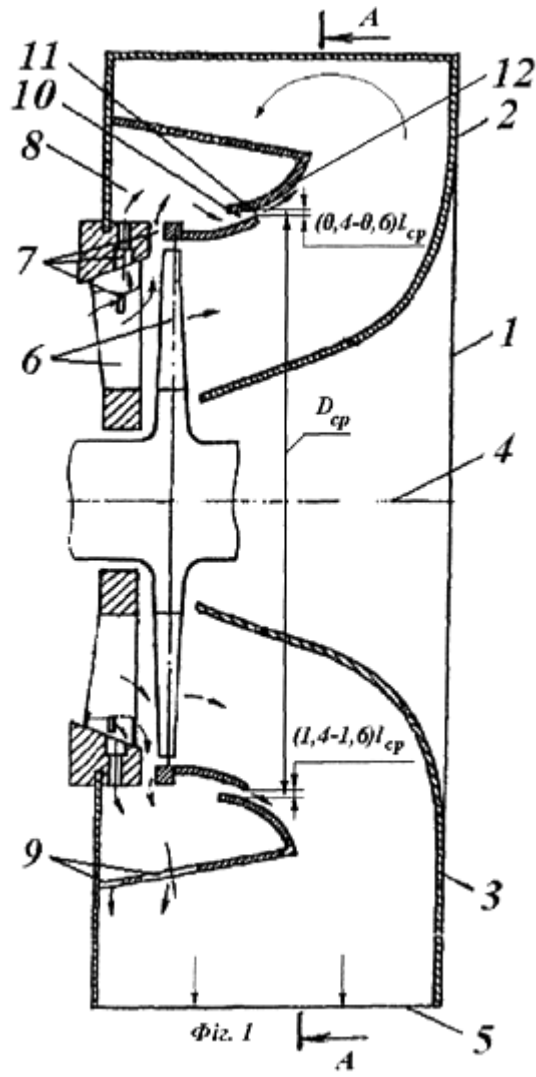
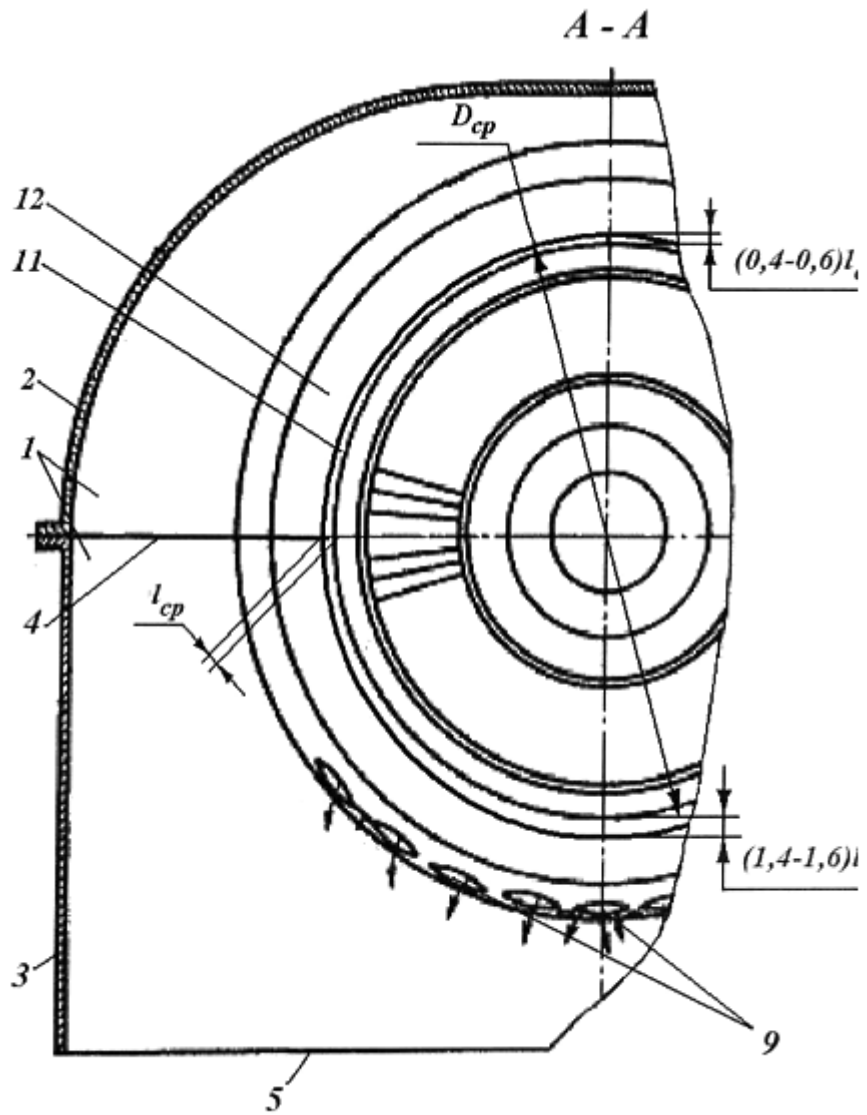


Fig. 1



Фиг. 2

Комп'ютерна верстка М. Мацело

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601