



(51) МПК
F01D 5/20 (2006.01)
F01D 5/12 (2006.01)
F16J 15/16 (2006.01)

**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
 ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2008117931/06, 04.05.2008

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
 04.05.2008

(43) Дата публикации заявки: 10.11.2009

(45) Опубликовано: 10.04.2010 Бюл. № 10

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: SU 1799058 A1, 20.09.2005. US 6257588 B1, 10.07.2001. RU 2076256 C1, 27.03.1997. RU 2208190 C2, 10.07.2003. US 6302646 B1, 16.10.2001. US 6030175 A, 29.02.2000. US 7226054 B2, 05.06.2007. US 6932347 B2, 23.08.2005.

Адрес для переписки:

450039, Республика Башкортостан, г.Уфа, ул.
 Сельская-Богородская, 2, а/я 66, ООО "НПП
 Уралавиаспецтехнология"

(72) Автор(ы):

Смыслов Анатолий Михайлович (RU),
 Смыслова Марина Константиновна (RU),
 Мингажев Аскар Джамилевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Общество с ограниченной
 ответственностью
 "Научно-производственное предприятие
 "Уралавиаспецтехнология" (RU)

(54) РАБОЧАЯ ЛОПАТКА ТУРБОМАШИНЫ

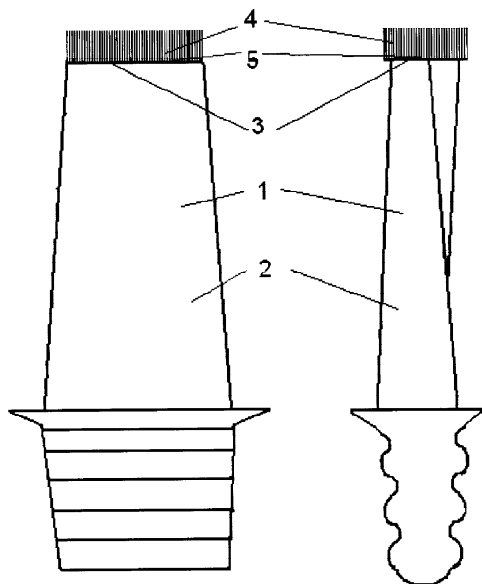
(57) Реферат:

Изобретение относится к области машиностроения, в частности к торцевым уплотнениям рабочих лопаток паровых турбин, газотурбинных двигателей и установок, а также лопаток других роторных машин. Рабочая лопатка турбомашин выполнена с щеточным уплотнением, размещенным в периферийной зоне пера, причем щеточное уплотнение выполнено из монолитного материала. Изобретение может быть осуществлено по следующим вариантам: лопатка и щеточное уплотнение выполнены из одного монолитного материала; щеточное уплотнение выполнено на торцевой крышке лопатки; основа щеточного уплотнения имеет каналы охлаждения, щеточное уплотнение имеет слой износостойкого покрытия, содержащего дисульфид молибдена; щеточное уплотнение имеет модифицированный поверхностный слой, полученный

имплантацией ионов легирующих элементов при энергии ионов 0,2-300 кэВ и дозе имплантации ионов от 10^{10} до $5 \cdot 10^{20}$ ион/см², причем в качестве ионов для имплантации используют ионы Cr, Y, Yb, C, B, Zr, N, La, Ti или их комбинацию, перо лопатки имеет защитное покрытие, причем в качестве материала покрытия используют нитриды Me-N,

карбиды Me-C и карбонитриды Me-NC, где Me - Ti, Zr, Al, W, Mo, TiZr, TiAl, TiAlZr, TiAlZrMo

или их сочетание, N - азот, C - углерод, в щеточном уплотнении в качестве контактных элементов использованы гибкие щетины, размеры которых составляют: длина щетины от 5 мм до 20 мм, толщина - от 0,1 мм до 1,5 мм, при величинах зазоров между щетинами от 0,5 мкм до 300 мкм. 19 з.п. ф-лы, 1 табл., 2 ил.



Фиг. 1

RU 2386038 C2

RU 2386038 C2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(51) Int. Cl.
F01D 5/20 (2006.01)
F01D 5/12 (2006.01)
F16J 15/16 (2006.01)

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21), (22) Application: **2008117931/06, 04.05.2008**

(24) Effective date for property rights:
04.05.2008

(43) Application published: **10.11.2009**

(45) Date of publication: **10.04.2010 Bull. 10**

Mail address:
**450039, Respublika Bashkortostan, g.Ufa, ul.
Sel'skaja-Bogorodskaja, 2, a/ja 66, OOO "NPP
Uralaviaspetstekhnologija"**

(72) Inventor(s):
**Smyslov Anatolij Mikhajlovich (RU),
Smyslova Marina Konstantinovna (RU),
Mingazhev Askar Dzhamilevich (RU)**

(73) Proprietor(s):
**Obshchestvo s ogranichennoj otvetstvenost'ju
"Nauchno-proizvodstvennoe predpriatie
"Uralaviaspetstekhnologija" (RU)**

(54) WORKING BLADE OF TURBOMACHINE

(57) Abstract:

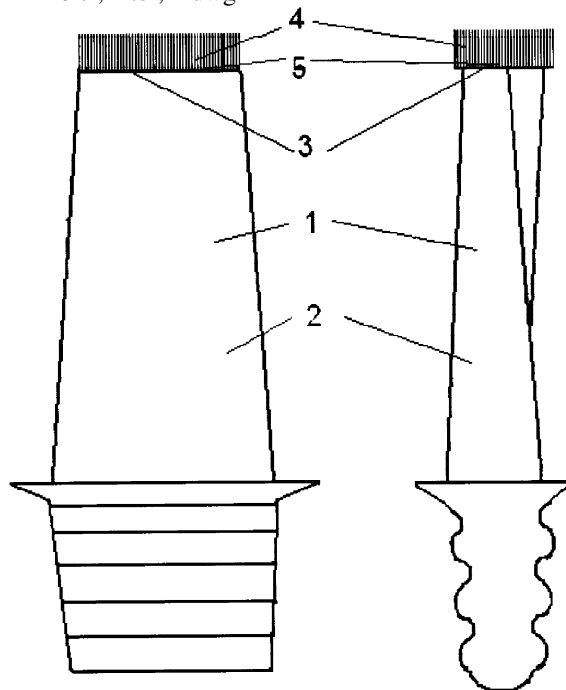
FIELD: machine building.

SUBSTANCE: working blade of turbomachine is implemented with brush-type sealing, located in peripheral area of body clearance, herewith brush-type sealing is implemented of monolithic. Invention can be implemented by following versions: blade and brush-type sealing are implemented of one solid material; brush-type sealing is implemented on end bell of blade; basis of brush-type sealing allows cooling channels, brush-type sealing allows layer of wear-resistant coating, containing molybdenum disulfide; brush-type sealing allows modified surface layer, received by implantation of ions of alloying elements at energy of ions 0.2-300 keV and dose of ion implantation 10^{10} up to $5 \cdot 10^{20}$ ion/cm², herewith in the capacity of ions for ion implantation there are used ions Cr, Y, Yb, C, B, Zr, N, La, Ti or its combination, blade stylus allows protective coating, herewith in the capacity of coating material there are used nitrides Me-N, carbides Me-C and carbonic nitrides Me-NC, where Me-Ti, Zr, Al, W, Mo, TiZr, TiAl, TiAlZr, TiAlZrMo or its composition, N -nitrogen, C -carbon, in brush-type sealing in the capacity of contact elements there are used flexible bristle, dimensions of which are: bristle length from 5 up to 20 mm, thickness - from 0.1 up to 1.5 mm, at

values of gaps between bristles from 0.5 mcm up to 300 mcm.

EFFECT: enhanced performance characteristics of the device.

20 cl, 1 tbl, 2 dwg



Фиг. 1

RU 2 3 8 6 0 3 8 C 2

RU 2 3 8 6 0 3 8 C 2

Изобретение относится к области машиностроения, в частности к торцевым уплотнениям рабочих лопаток паровых турбин, газотурбинных двигателей и установок, а также лопаток других роторных машин.

5 Известно щеточное уплотнение, содержащее закрепленные в корпусе упругие щетинины, контактирующие с поверхностью вращающегося вала (ФРГ. Заявка №3802653, кл. F16J 15/16, 1989 г. - аналог).

10 Известно щеточное уплотнение зазора между статором и ротором, содержащее установленный в одной из деталей узел, выполненный в виде закрепленных в корпусе пучков проволоки из разных материалов (А.С. СССР №1665136, МПК F16J 15/16, опубл. 23.07.91).

15 Наиболее близким техническим решением, выбранным в качестве прототипа, является рабочая лопатка турбомшины, содержащая перо с щеточным уплотнением, размещенным в периферийной зоне пера (А.С. СССР №1799058, МПК F01D 5/18, опубл. 10.07.89).

20 Однако известные щеточные уплотнения характеризуются невысокой надежностью в эксплуатации, поскольку гибкие элементы, выполненные из отдельных проволочек, не позволяют длительное время сохранять свое первоначальное упорядоченное расположение в уплотнении из-за действия высоких контактных напряжений. Кроме того, получение щеточных уплотнений из отдельных щетинок на торце рабочей лопатки является нетехнологичным.

25 Техническим результатом заявляемого изобретения является создание лопатки с надежным в эксплуатации торцевым щеточным уплотнением, расположенным в периферийной зоне ее пера.

30 Технический результат достигается тем, что в рабочей лопатке турбомшины, содержащей перо с щеточным уплотнением, размещенным в периферийной зоне пера, в отличие от прототипа, щеточное уплотнение выполнено из монолитного материала, причем, как вариант, лопатка и щеточное уплотнение могут быть выполнены из

35 Технический результат достигается также тем, что лопатка снабжена торцевой крышкой, а щеточное уплотнение выполнено на торцевой крышке, причем, как вариант, основа щеточного уплотнения может иметь каналы охлаждения.

40 Технический результат достигается также тем, что щеточное уплотнение имеет следующие варианты выполнения: слой износостойкого покрытия, содержащего дисульфид молибдена; модифицированный поверхностный слой, полученный имплантацией ионов легирующих элементов при энергии ионов 0,2-300 кэВ и дозе имплантации ионов от 10^{10} до $5 \cdot 10^{20}$ ион/см², причем в качестве ионов для имплантации используют ионы Cr, Y, Yb, C, B, Zr, N, La, Ti или их комбинацию.

45 Технический результат достигается также тем, что перо лопатки имеет защитное покрытие, причем в качестве материала покрытия используют нитриды Me-N, карбиды Me-C и карбонитриды Me-NC, где Me - Ti, Zr, Al, W, Mo, TiZr, TiAl, TiAlZr, TiAlZrMo или их сочетание, N - азот, C - углерод.

50 Технический результат достигается также тем, что в щеточном уплотнении в качестве контактных элементов использованы гибкие щетины, размеры которых составляют: длина щетины от 5 мм до 20 мм, толщина - от 0,1 мм до 1,5 мм, при величинах зазоров между щетинами от 0,5 мкм до 300 мкм; как варианты щетины выполнены: параллельными продольной оси лопатки; щетины выполнены под углом α к продольной оси лопатки, в плоскости движения лопатки при вращении ротора, с наклоном щетины в сторону, противоположную движению лопатки, причем угол α

составляет величины от 15° до 89°.

Технический результат достигается также тем, что лопатка является лопаткой газовой или паровой турбины.

5 Технический результат достигается также тем, что поперечное сечение уплотнения может быть выполнено по следующим вариантам: соответствующим фигуре, описанной вокруг поперечного сечения периферийной зоны пера; равным по форме и площади поперечному сечению периферийной зоны пера; эквидистантным поперечному сечению периферийной зоны пера; большим поперечного сечения
10 периферийной зоны пера, и в том числе иметь форму и площадь, обеспечивающую образование сплошного кольцевого уплотнения при сборке лопаток на диске.

Сущность изобретения поясняется чертежами. На фиг.1 показана рабочая турболопатка. На фиг.2 показана турболопатка в условиях эксплуатации.

15 Рабочая лопатка 1 (газовой или паровой турбины) содержит перо 2 с торцевой частью 3, на которой расположено щеточное уплотнение 4, выполненное монолитно с лопаткой 1. На торце 3 пера лопатки выполнены каналы охлаждения 5. Щеточное уплотнение имеет щетинки 6, выполненные монолитно с лопаткой 1. В зависимости от задач и конкретной конструкции турбомашин, поперечное сечение уплотнения 4
20 может быть выполнено по следующим вариантам: соответствующим фигуре, описанной вокруг поперечного сечения периферийной зоны пера 2; равным по форме и площади поперечному сечению периферийной зоны пера 2; эквидистантным поперечному сечению периферийной зоны пера 2; большим поперечного сечения периферийной зоны пера 2, и в том числе иметь форму и площадь, обеспечивающую
25 образование сплошного кольцевого уплотнения при сборке лопаток на диске турбомашин.

Гибкость используемых в уплотнении 4 щетинок 6, прижатых своими концами к внутренней поверхности статора 7 (фиг.2), обеспечивает качественное уплотнение
30 зазора. Щетинки 6, выполненные заодно с лопаткой 1, имеют строго регулярное распределение по поверхности торца 3, которое сохраняют в процессе эксплуатации. При работе турбомашин избыточное тепло, выделяющиеся в зоне контакта щетинок 6 и поверхности статора 7, удаляется охлаждающим воздухом по каналам охлаждения 5.

35 Пример. Для оценки надежности работы предлагаемого щеточного уплотнения были проведены следующие испытания. Были изготовлены образцы с торцевыми уплотнениями по двум вариантам: первый вариант - прототип (А.С. СССР №1799058, МПК F01D 5/18, опубл. 10.07.89) - имел щеточное уплотнение, выполненное из
40 нихромовых щетинок диаметром около 0,1 мм и высотой 6 мм, расположенных под углом 60° к торцевой поверхности пера лопатки. Щетинки были закреплены методом пайки и расположены на торцевой крышке лопатки.

Второй вариант щеточного уплотнения - по предлагаемому техническому решению - имел такие же, как у прототипа геометрические и размерные
45 характеристики, однако щетинки и лопатка были изготовлены из одного монолитного материала методом «ноу-хау». Второй вариант включал в себя также следующие подварианты исполнения: щеточное уплотнение выполнено из монолитного материала (лопатка снабжена торцевой крышкой, а щеточное уплотнение выполнено
50 на торцевой крышке; основа щеточного уплотнения имеет каналы охлаждения) - (А); щеточное уплотнение и лопатка выполнены из одного монолитного материала (основа щеточного уплотнения имеет каналы охлаждения) - (Б); щеточное уплотнение и лопатка выполнены из одного монолитного материала (основа щеточного

уплотнения имеет каналы охлаждения; щеточное уплотнение имеет слой износостойкого покрытия, содержащего дисульфид молибдена) - (В); щеточное уплотнение и лопатка выполнены из одного монолитного материала (основа щеточного уплотнения имеет каналы охлаждения; щеточное уплотнение имеет слой износостойкого покрытия, содержащего дисульфид молибдена; щеточное уплотнение имеет модифицированный поверхностный слой, полученный имплантацией ионов легирующих элементов при энергии ионов 0,2-300 кэВ и дозе имплантации ионов от 10^{10} до $5 \cdot 10^{20}$ ион/см², причем в качестве ионов для имплантации используют ионы Yb) - (Г); щеточное уплотнение и лопатка выполнены из одного монолитного материала (основа щеточного уплотнения имеет каналы охлаждения; щеточное уплотнение имеет слой износостойкого покрытия, содержащего дисульфид молибдена; щеточное уплотнение имеет модифицированный поверхностный слой, полученный имплантацией ионов легирующих элементов при энергии ионов 0,2-300 кэВ и дозе имплантации ионов от 10^{10} до $5 \cdot 10^{20}$ ион/см², причем в качестве ионов для имплантации используют ионы Yb; перо лопатки имеет защитное покрытие TiAlZrMo) - (Д).

Сравнительные испытания проводились в условиях, имитирующих работу газотурбинного двигателя, при использовании в зоне контакта уплотнения охлаждающего воздуха.

Таблица				
Вариант	Величина износа, г	Разброс значений угла наклона щетинок после испытаний, угл. град.	Разрушения уплотнений, %	Качество уплотнения (герметичность), %
Прототип	9...11	55...10	11...13	78
Предлагаемый А	7...8	58...45	6...8	87
Предлагаемый Б	4...7	55...42	6...7	90
Предлагаемый В	3...4	53...39	4...6	90
Предлагаемый Г	2...2,6	59...48	3...5	91
Предлагаемый Д	2...2,4	59...47	3...4	91

Повышение надежности работы предлагаемых лопаток с уплотнениями, которую показали проведенные испытания, указывает на то, что при применении одного из следующих вариантов выполнения лопатки с щеточным уплотнением: щеточное уплотнение выполнено из монолитного материала (лопатка снабжена торцевой крышкой, а щеточное уплотнение выполнено на торцевой крышке; основа щеточного уплотнения имеет каналы охлаждения) - (А); щеточное уплотнение и лопатка выполнены из одного монолитного материала (основа щеточного уплотнения имеет каналы охлаждения) - (Б); щеточное уплотнение и лопатка выполнены из одного монолитного материала (основа щеточного уплотнения имеет каналы охлаждения; щеточное уплотнение имеет слой износостойкого покрытия, содержащего дисульфид молибдена) - (В); щеточное уплотнение и лопатка выполнены из одного монолитного материала (основа щеточного уплотнения имеет каналы охлаждения; щеточное уплотнение имеет слой износостойкого покрытия, содержащего дисульфид молибдена; щеточное уплотнение имеет модифицированный поверхностный слой, полученный имплантацией ионов легирующих элементов при энергии ионов 0,2-300 кэВ и дозе имплантации ионов от 10^{10} до $5 \cdot 10^{20}$ ион/см², причем в качестве ионов для имплантации используют ионы Yb) - (Г); щеточное уплотнение и лопатка выполнены из одного монолитного материала (основа щеточного уплотнения имеет каналы охлаждения; щеточное уплотнение имеет слой износостойкого покрытия,

содержащего дисульфид молибдена; щеточное уплотнение имеет модифицированный поверхностный слой, полученный имплантацией ионов легирующих элементов при энергии ионов 0,2-300 кэВ и дозе имплантации ионов от 10^{10} до $5 \cdot 10^{20}$ ион/см², причем в качестве ионов для имплантации используют ионы Yb; перо лопатки имеет защитное покрытие TiAlZrMo) - (Д), - позволяют достичь технического результата заявляемого устройства - создание лопатки с надежным в эксплуатации торцевым щеточным уплотнением, расположенным в периферийной зоне ее пера.

Предлагаемая лопатка с торцевым щеточным уплотнением, в отличие от прототипа, обеспечивает более высокие и стабильные параметры уплотнения, более технологична, поскольку щеточное уплотнение изготовлено из одного монолитного с лопаткой материала, имеет большее количество вариантов исполнения.

Формула изобретения

1. Рабочая лопатка турбомашин, содержащая перо с щеточным уплотнением, размещенным в периферийной зоне пера, отличающаяся тем, что щеточное уплотнение выполнено из монолитного материала.

2. Рабочая лопатка турбомашин по п.1, отличающаяся тем, что лопатка и щеточное уплотнение выполнены из одного монолитного материала.

3. Рабочая лопатка турбомашин по п.1, отличающаяся тем, что лопатка снабжена торцевой крышкой, а щеточное уплотнение выполнено на торцевой крышке.

4. Рабочая лопатка турбомашин по любому из пп.1-3, отличающаяся тем, что основа щеточного уплотнения имеет каналы охлаждения.

5. Рабочая лопатка турбомашин по любому из пп.1-3, отличающаяся тем, что щеточное уплотнение имеет слой износостойкого покрытия, содержащего дисульфид молибдена.

6. Рабочая лопатка турбомашин по п.4, отличающаяся тем, что щеточное уплотнение имеет слой износостойкого покрытия, содержащего дисульфид молибдена.

7. Рабочая лопатка турбомашин по любому из пп.1-3 и 6, отличающаяся тем, что щеточное уплотнение имеет модифицированный поверхностный слой, полученный имплантацией ионов легирующих элементов при энергии ионов 0,2-300 кэВ и дозе имплантации ионов от 10^{10} до $5 \cdot 10^{20}$ ион/см², причем в качестве ионов для имплантации используют ионы Cr, Y, Yb, C, B, Zr, N, La, Ti или их комбинацию.

8. Рабочая лопатка турбомашин по п.5, отличающаяся тем, что щеточное уплотнение имеет модифицированный поверхностный слой, полученный имплантацией ионов легирующих элементов при энергии ионов 0,2-300 кэВ и дозе имплантации ионов от 10^{10} до $5 \cdot 10^{20}$ ион/см², причем в качестве ионов для имплантации используют ионы Cr, Y, Yb, C, B, Zr, N, La, Ti или их комбинацию.

9. Рабочая лопатка турбомашин по любому из пп.1-3, 6 и 8, отличающаяся тем, что перо лопатки имеет защитное покрытие, причем в качестве материала покрытия используют нитриды Me-N, карбиды Me-C и карбонитриды Me-NC, где Me-Ti, Zr, Al, W, Mo, TiZr, TiAl, TiAlZr, TiAlZrMo или их сочетание, N - азот, C - углерод.

10. Рабочая лопатка турбомашин по п.4, отличающаяся тем, что перо лопатки имеет защитное покрытие, причем в качестве материала покрытия используют нитриды Me-N, карбиды Me-C и карбонитриды Me-NC, где Me-Ti, Zr, Al, W, Mo, TiZr, TiAl, TiAlZr, TiAlZrMo или их сочетание, N - азот, C - углерод.

11. Рабочая лопатка турбомашин по любому из пп.1-3, 6, 8 и 10, отличающаяся тем, что в щеточном уплотнении в качестве контактных элементов использованы гибкие щетины, размеры которых составляют: длина щетины от 5 до 20 мм, толщина -

от 0,1 до 1,5 мм, при величинах зазоров между щетинами от 0,5 до 300 мкм.

12. Рабочая лопатка турбомашин по п.11, отличающаяся тем, что щетины выполнены параллельными продольной оси лопатки.

5 13. Рабочая лопатка турбомашин по п.11, отличающаяся тем, что щетины выполнены под углом α к продольной оси лопатки в плоскости движения лопатки при вращении ротора с наклоном щетины в сторону, противоположную движению лопатки, причем угол α составляет от 15 до 89°.

10 14. Рабочая лопатка турбомашин по любому из пп.1-3, 6, 8, 10, 12 и 13, отличающаяся тем, что лопатка является лопаткой газовой турбины.

15 15. Рабочая лопатка турбомашин по любому из пп.1-3, 6, 8, 10, 12 и 13, отличающаяся тем, что лопатка является лопаткой паровой турбины.

16. Рабочая лопатка турбомашин по любому из пп.1-3, 6, 8, 10, 12 и 13, отличающаяся тем, что поперечное сечение уплотнения соответствует фигуре, описанной вокруг поперечного сечения периферийной зоны пера.

17. Рабочая лопатка турбомашин по любому из пп.1-3, 6, 8, 10, 12 и 13, отличающаяся тем, что поперечное сечение уплотнения равно по форме и площади поперечному сечению периферийной зоны пера.

20 18. Рабочая лопатка турбомашин по любому из пп.1-3, 6, 8, 10, 12 и 13, отличающаяся тем, что поперечное сечение уплотнения эквидистантно поперечному сечению периферийной зоны пера.

25 19. Рабочая лопатка турбомашин по любому из пп.1-3, 6, 8, 10, 12 и 13, отличающаяся тем, что поперечное сечение уплотнения больше поперечного сечения периферийной зоны пера.

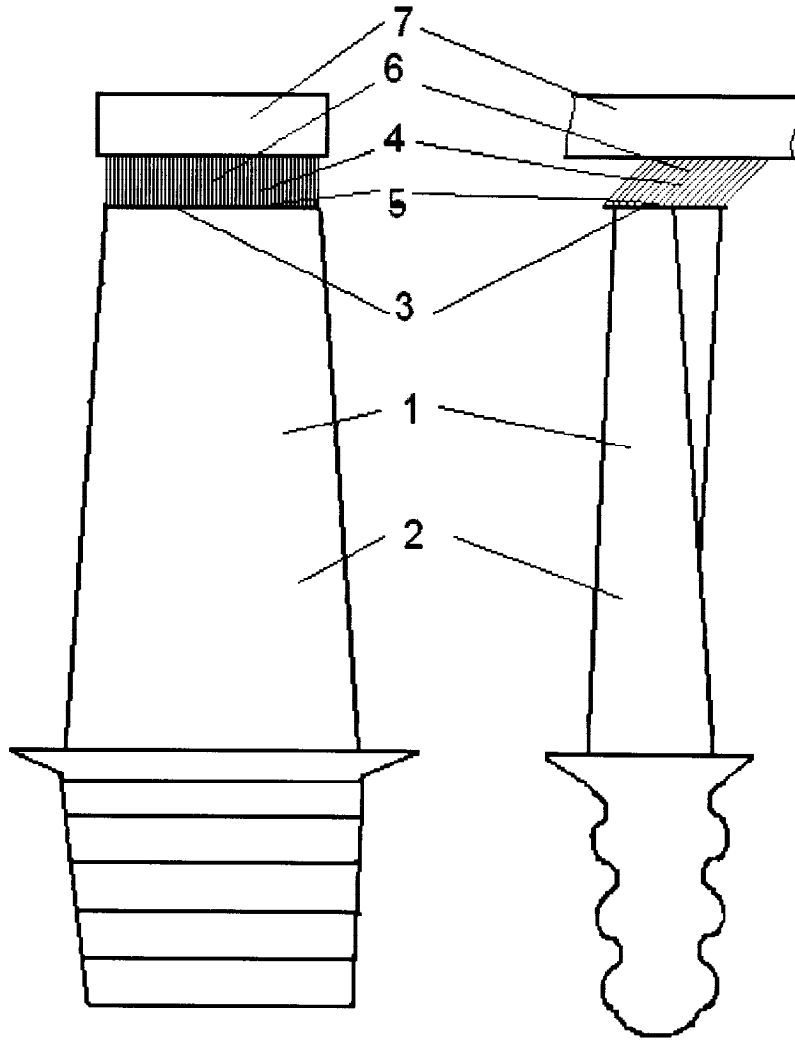
30 20. Рабочая лопатка турбомашин по п.19, отличающаяся тем, что уплотнение имеет форму и площадь, обеспечивающие образование сплошного кольцевого уплотнения при сборке лопаток на диске.

35

40

45

50



Фиг.2