

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2011149183/06, 29.11.2011

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
29.11.2011

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
30.11.2010 US 12/957,127

(43) Дата публикации заявки: 10.06.2013 Бюл. № 16

(45) Опубликовано: 27.09.2016 Бюл. № 27

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: US 7216871 B1, 15.05.2007. US 6168162
B1, 02.01.2001. US 5181308 A, 26.01.1993. US
6733233 B2, 11.05.2004. US 2008/0106046 A1,
08.05.2008. SU 775349 A1, 23.05.1987.Адрес для переписки:
191036, Санкт-Петербург, а/я 24, "НЕВИНПАТ"

(72) Автор(ы):

ДЭО Хришикеш Вишвас (US),
РОЙ Бинаяк (US)

(73) Патентообладатель(и):

Дженерал Электрик Компани (US)

C2
RU
2598620

(54) УПЛОТНИТЕЛЬНЫЙ УЗЕЛ ДЛЯ ТУРБОМАШИНЫ (ВАРИАНТЫ)

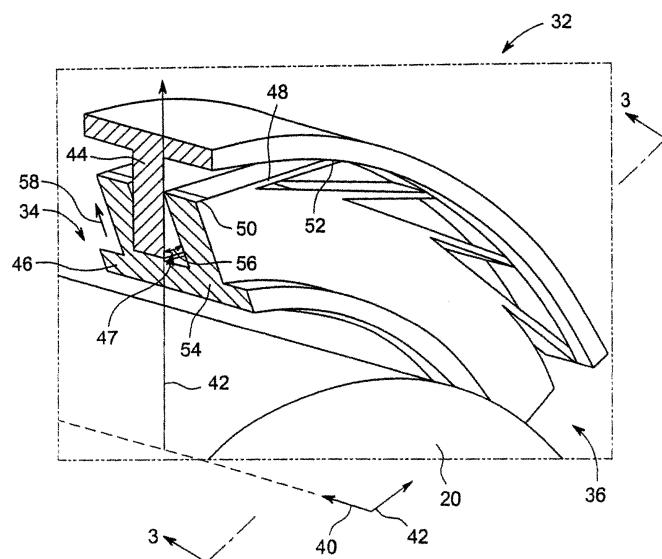
(57) Реферат:

Уплотнительный узел турбомашины содержит дугообразные сегменты уплотнительного кольца и поджимающие элементы. Дугообразные сегменты уплотнительного кольца расположены между ротором и неподвижным корпусом турбомашины и имеют межсегментные промежутки, проходящие вдоль радиальной оси ротора. Каждый поджимающий элемент содержит пару упругих элементов, образующих V-образную форму, если смотреть вдоль оси ротора, расположенных между неподвижным корпусом и дугообразными сегментами и присоединенных к корпусу и сегментам. Дугообразный сегмент

имеет пару поджимающих элементов, симметричных относительно оси, делящей пополам соответствующий дугообразный сегмент, и расположенных на одинаковом расстоянии от этой оси. В другом варианте выполнения уплотнительного узла турбомашины сами поджимающие элементы имеют V-образную форму. Группа изобретений позволяет обеспечить свободное радиальное перемещение сегментов уплотнения в радиальном направлении и уменьшить осевую протечку между неподвижным корпусом и ротором. 2 н. и 12 з.п. ф-лы, 9 ил.

R
U
2
5
9
8
6
2
0C
2

R U 2 5 9 8 6 2 0 C 2



ФИГ.2

R U 2 5 9 8 6 2 0 C 2

RU 2598620 C2

RUSSIAN FEDERATION



(19) RU⁽¹¹⁾ 2 598 620⁽¹³⁾ C2

(51) Int. Cl.
F01D 11/02 (2006.01)

FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21)(22) Application: 2011149183/06, 29.11.2011

(24) Effective date for property rights:
29.11.2011

Priority:

(30) Convention priority:
30.11.2010 US 12/957,127

(43) Application published: 10.06.2013 Bull. № 16

(45) Date of publication: 27.09.2016 Bull. № 27

Mail address:

191036, Sankt-Peterburg, a/ja 24, "NEVINPAT"

(72) Inventor(s):
DEO Hrishkesh Vishvas (US),
ROY Binayak (US)

(73) Proprietor(s):
General Electric Company (US)

RU 2598620 C2

(54) SEALING ASSEMBLY FOR TURBINE MACHINE (VERSIONS)

(57) Abstract:

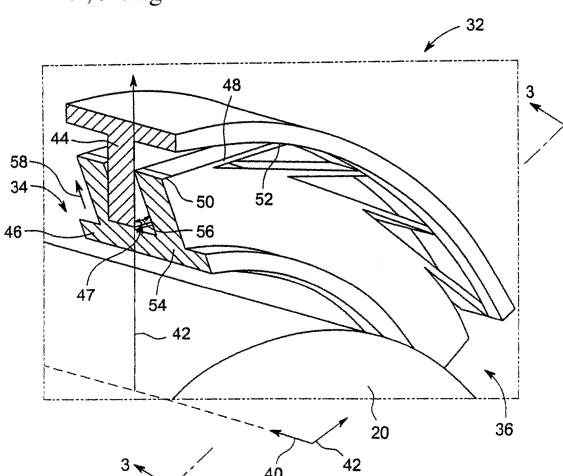
FIELD: machine building.

SUBSTANCE: seal assembly comprises arched packing ring segments and pressing elements. Arched packing ring segments are disposed between rotor and turbomachine stationary housing and have inter-segment extending along radial axis of rotor. Each pressing element comprises two resilient elements forming a V-shape if seen along rotor axis, located between stationary housing and arched segments and connected to housing and segments. Arched segment has a pair of pressing elements symmetric about axis, dividing in halves corresponding arched segment, and located at equal distance from said axis. In another version of seal assembly of turbomachine pressing elements have a V-shape.

EFFECT: group of inventions makes it possible to provide free radial displacement of segments of seal in radial direction and axial leakage between stationary

housing and rotor.

14 cl, 9 dwg



Фиг.2

УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ В ОБЛАСТИ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[0001] Настоящее изобретение относится к уплотнениям, используемым в турбомашинах. Более конкретно настоящее изобретение относится к уплотнению между вращающимся компонентом, таким как ротор в турбине или компрессоре, и неподвижным компонентом, таким как корпус или статор.

[0002] Уплотнения, используемые в газовых турбинах, паровых турбинах, авиационных двигателях, компрессорах и других турбомашинных установках, подвержены чрезмерной протечке, потому что зазор ротора может быть выполнен большим для предотвращения трения ротора об уплотнение. Если ротор все же находится в контакте с уплотнением, что называется затиранием ротора, уплотнение может быть повреждено с образованием впоследствии еще большего зазора. В особенности затирание ротора может происходить в газовой турбине во время переходных процессов ротора, которые могут включать динамическое возбуждение ротора, относительную тепловую деформацию ротора и статора, или сдвиг в центре ротора из-за образования гидродинамической пленки смазки в подшипниках скольжения при возрастании скорости. Отклонение может происходить, когда газовая турбина проходит через критические скорости, например, во время запуска. Искажение может быть вызвано разбросом температур различных компонентов в газовой турбине. Большой зазор между уплотнением и ротором необходим, потому что уплотнение может быть не в состоянии регулировать зазор во время переходных процессов в роторе, так как оно может быть жестко присоединено к статору. Зазоры между вращающимися и неподвижными компонентами газовых турбин могут влиять как на эффективность, так и на работу турбины. При конструировании газовых турбин жесткие допуски между компонентами могут в результате привести к большей эффективности. Подобные переходные процессы происходят и в роторах других турбомашинных установок, таких как паровые турбины, авиационные двигатели или компрессоры, и эти переходные процессы часто могут быть трудно предсказуемы.

[0003] Кроме того, уплотнения могут быть выполнены с уплотнительным кольцом положительного давления с переменным зазором (ПДПЗ), которое смещает уплотнение в сторону от ротора с созданием большого зазора с помощью пружины. Это помогает предотвратить затирание ротора во время переходного процесса ротора при запуске. Когда дифференциальное давление на уплотнении становится выше определенного значения, силы на кольце ПДПЗ заставляют его смыкаться до малого зазора ротора.

В патенте США №5181308, кл. B23P 11/00, 26.01.1993 г., который является ближайшим

аналогом настоящего изобретения, описан уплотнительный узел для турбомашины, содержащей неподвижный корпус и ротор, выполненный с возможностью вращения вокруг оси, причем указанный узел содержит дугообразные сегменты уплотнительного кольца, которые расположены между ротором и неподвижным корпусом, и поджимающие элементы в виде пары упругих элементов для одного сегмента, имеющие U-образную форму, если смотреть вдоль оси ротора, и расположенные между корпусом турбомашины и дугообразным сегментом. В этом узле между дугообразными сегментами отсутствуют межсегментные промежутки, то есть сегменты упираются друг в друга своими радиальными краями, а каждый поджимающий элемент выполнен в виде пластинчатой пружины, только одним концом закрепленной в сегменте, а средней выгнутой частью свободно упирающейся в корпус и также свободно упирающейся в дугообразный сегмент вторым концом. Таким образом, в этом уплотнительном узле благодаря размещению дугообразных сегментов без промежутков ограничена возможность перемещения сегмента в радиальном направлении.

Таким образом, задачей настоящего изобретения является создание усовершенствованного уплотнительного узла для турбомашины, который обеспечивает свободное перемещение сегментов уплотнительного кольца в радиальном направлении, способствуя уменьшению осевой протечки между вращающимся элементом и неподвижным корпусом турбомашины при неустойчивых режимах работы.

СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[0004] Ниже обсуждаются некоторые варианты, которые не предназначены для ограничения объема изобретения, но они обеспечивают краткий обзор возможных форм изобретения. Действительно, изобретение может охватывать множество форм, которые могут быть подобны вариантам, представленным ниже, или отличны от них.

[0005] Решение поставленной задачи в изобретении достигается с помощью уплотнительного узла для турбомашины, содержащей неподвижный корпус и ротор, выполненный с возможностью вращения вокруг оси, причем указанный узел содержит дугообразные сегменты уплотнительного кольца, которые расположены между ротором и неподвижным корпусом и между которыми имеются межсегментные промежутки, проходящие вдоль радиальной оси ротора, и поджимающие элементы, каждый из которых содержит пару упругих элементов, образующих V-образную форму, если смотреть вдоль оси ротора, и которые расположены между неподвижным корпусом и указанными дугообразными сегментами и присоединены к корпусу, и к указанным сегментам, причем каждый указанный дугообразный сегмент имеет по меньше мере одну пару поджимающих элементов, симметричных относительно оси, делящей пополам соответствующий дугообразный сегмент, и расположенных на одинаковом расстоянии от этой оси. Таким образом, в предложенном уплотнительном узле каждый дугообразный сегмент содержит по два поджимающих элемента V-образной формы, расположенных симметрично относительно сегмента и прикрепленных своими концами и к корпусу, и к сегменту, обеспечивая при этом более свободное перемещение сегмента в радиальном направлении, что способствует уменьшению осевой протечки между вращающимся элементом и неподвижным корпусом турбомашины при неустойчивых режимах работы.

В предложенном уплотнительном узле симметричное соединение поджимающих элементов с указанными дугообразными сегментами и конфигурация межсегментных промежутков могут обеспечивать возможность перемещения дугообразных сегментов уплотнительного кольца в радиальном направлении.

В предложенном уплотнительном узле межсегментные промежутки могут быть не прямыми в осевом направлении, или прямыми или дугообразными, если смотреть вдоль оси ротора, или наклоненными под углом относительно оси ротора.

По меньшей мере одна пара поджимающих элементов соответствующего дугообразного сегмента уплотнительного кольца может быть выполнена с обеспечением возможности перемещения указанных дугообразных сегментов в радиальном направлении, но с ограничением их перемещения в осевом направлении.

Предложенный уплотнительный узел может содержать лабиринтное уплотнение с увеличивающимся зазором, которое при эксплуатации обеспечивает возможность саморегулирующегося режима работы.

[0006] Решение поставленной задачи в изобретении достигается также с помощью уплотнительного узла для турбомашины, содержащей неподвижный корпус и ротор, выполненный с возможностью вращения вокруг оси, причем указанный уплотнительный узел содержит дугообразные сегменты уплотнительного кольца, которые расположены между ротором и неподвижным корпусом и между которыми имеются межсегментные

- промежутки, проходящие вдоль радиальной оси ротора, и поджимающие элементы, расположенные между неподвижным корпусом и указанными дугообразными сегментами кольца и присоединенные и к корпусу и к указанным сегментам, причем поджимающие элементы имеют V-образную форму, если смотреть вдоль оси ротора,
- 5 и симметрично присоединены к указанным дугообразным сегментам уплотнительного конца, причем каждый указанный дугообразный сегмент имеет по меньше мере одну пару поджимающих элементов, симметричных относительно оси, делящей пополам соответствующий дугообразный сегмент, и расположенных на одинаковом расстоянии от этой оси. Таким образом, в предложенном уплотнительном узле каждый
- 10 дугообразный сегмент содержит по два поджимающих элемента V-образной формы, расположенных симметрично относительно сегмента и прикрепленных своими концами и к корпусу и к сегменту, обеспечивая при этом более свободное перемещение сегмента в радиальном направлении, что способствует уменьшению осевой протечки между вращающимся элементом и неподвижным корпусом турбомашины при неустойчивых
- 15 режимах работы.

В предложенном уплотнительном узле симметричное соединение поджимающих элементов с указанными дугообразными сегментами и конфигурация межсегментных промежутков могут обеспечивать возможность перемещения дугообразных сегментов уплотнительного кольца по существу в радиальном направлении.

- 20 В предложенном уплотнительном узле межсегментные промежутки могут быть прямыми, если смотреть вдоль оси ротора, или наклоненными под углом относительно оси ротора, и каждый поджимающий элемент соответствующего дугообразного сегмента уплотнительного кольца может быть выполнен с обеспечением возможности перемещения указанного соответствующего дугообразного сегмента в радиальном
- 25 направлении, но с ограничением его перемещения в осевом направлении.

Предложенный уплотнительный узел может содержать лабиринтное уплотнение с увеличивающимся зазором, которое при эксплуатации обеспечивает возможность саморегулирующегося режима работы.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

- 30 [0008] Эти и другие свойства, аспекты и преимущества настоящего изобретения будет легче понять при изучении следующего подробного описания со ссылкой на сопровождающие чертежи, где подобные номера обозначают подобные части и где:

[0009] Фиг. 1 является разрезом турбоустановки согласно варианту выполнения настоящего изобретения,

- 35 [0010] Фиг. 2 является видом в аксонометрии уплотнительной области турбоустановки, показанной на фиг. 1, имеющей уплотнительный узел согласно варианту выполнения настоящего изобретения,

[0011] Фиг. 3 является частичным поперечным разрезом уплотнительного узла с прямыми межсегментными промежутками согласно варианту выполнения настоящего

40 изобретения,

[0012] Фиг. 4 является частичным поперечным разрезом уплотнительного узла с дугообразными межсегментными промежутками согласно варианту выполнения настоящего изобретения,

- 45 [0013] Фиг. 5 является частичным поперечным разрезом упругих элементов с изгибными соединениями, установленными в уплотнительном узле согласно варианту выполнения настоящего изобретения,

[0014] Фиг. 6 является видом в аксонометрии уплотнительной области турбоустановки, показанной на фиг. 1, имеющей уплотнительный узел согласно варианту

выполнения настоящего изобретения,

[0015] Фиг. 7 является видом сверху уплотнительного узла с межсегментными промежутками, наклоненными от осевой оси ротора согласно варианту выполнения настоящего изобретения,

5 [0016] Фиг. 8 является видом сверху уплотнительного узла с межсегментными промежутками, которые не являются прямыми в осевом направлении согласно варианту выполнения настоящего изобретения,

[0017] Фиг. 9 является блок-схемой способа изготовления уплотнительного узла для турбомашины согласно варианту выполнения настоящего изобретения.

10 ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[0018] Один или более конкретных вариантов выполнения настоящего изобретения описан ниже. Для обеспечения краткости описания этих вариантов не все свойства конкретного варианта выполнения изобретения могут быть описаны в заявке. Следует понимать, что при разработке любого такого конкретного варианта, как в любом

15 инженерном или конструкторском проекте, необходимо принять многочисленные специальные решения для достижения конкретных целей разработчиков, например для соответствия ограничениям, связанным с системой и с бизнесом, которые могут изменяться в зависимости от варианта выполнения. Кроме того, следует понимать, что такая разработка может быть сложной и длительной, но, тем не менее, будет обычной

20 задачей по конструированию, изготовлению и производству для специалистов благодаря данному описанию.

[0019] При описании элементов различных вариантов настоящего изобретения упоминание элементов в единственном числе означает, что существуют один или более элементов. Термины "содержащий", "включающий" и "имеющий" являются

25 инклюзивными и подразумевают возможность наличия дополнительных элементов помимо перечисленных.

[0020] На фиг. 1 показан разрез варианта выполнения турбоустановки 10, или турбомашины, которая может содержать различные компоненты, некоторые из которых не показаны для простоты. В показанном варианте выполнения газотурбинная

30 установка 10 содержит компрессорную секцию 12, секцию 14 сгорания и турбинную секцию 16. Турбинная секция 16 содержит неподвижный корпус 18 и вращающийся элемент 20, или ротор, который вращается вокруг оси 22. Подвижные лопатки 24 прикреплены к вращающемуся элементу 20, а неподвижные лопатки 26 прикреплены к неподвижному корпусу 18. Лопатки 24 и 26 расположены поочередно в осевом

35 направлении. Есть несколько мест, где можно установить уплотнительные узлы с межсегментными промежутками согласно различным вариантам выполнения, например местоположение 28 между подвижной лопatkой 24, снабженной бандажом, и неподвижным корпусом 18, местоположение 30 между вращающимся элементом 20 и неподвижной лопatkой 26, или местоположение 32 концевого уплотнения между

40 вращающимся элементом 20 и неподвижным корпусом 18.

[0021] Конструкция предложенного здесь уплотнительного узла позволяет его сегментам перемещаться как в радиальном направлении, так и в окружном направлении, тем самым потенциально уменьшая протечку и выбросы и повышая эффективность. Предложенный уплотнительный узел можно использовать с любой подходящей

45 ротационной машиной, например, помимо прочего, с турбоустановкой 10 на фиг. 1. На фиг. 2 и 6 показаны виды в аксонометрии примеров уплотнительных узлов 32. На фиг. 3-5 показаны частичные поперечные разрезы различных вариантов выполнения уплотнительного узла 32, взятые по линии 3-3. Фиг. 7 является видом сверху варианта

уплотнительного узла 32. В показанных вариантах уплотнительный узел 32 способствует уменьшению осевой протечки между вращающимся элементом 20 и неподвижным корпусом 18. Более конкретно, в примерах вариантов выполнения вращающийся элемент 20 вращается относительно неподвижного корпуса 18.

- 5 [0022] Фиг. 2 является видом в аксонометрии варианта уплотнительного узла 32 турбоустановки 10, показанной на фиг. 1. Воздух, топливо, пар или другой газ поступает в турбоустановку 10 с верхней по течению стороны 34 и покидает установку на нижней по течению стороне 36. В показанном варианте осевое направление обозначено осью 40, а радиальное направление обозначено осью 42. К дугообразной поверхности корпуса 18, обращенной к элементу 20, присоединена дугообразная пластина 44. В некоторых вариантах пластина 44 может изготавливаться из стали или стальных сплавов. Кроме того, в некоторых вариантах поперечное сечение пластины может иметь Т-образную форму, как показано на фиг. 2. Пластина 44 может быть жестко прикреплена к корпусу 18. Кроме того, пластина 44 может быть расположена как полное кольцо в 360 градусов, 10 как две дуги по 180 градусов, или меньшие дуги, которые вместе образуют полное кольцо. Кроме того, в некоторых вариантах пластина 44 может состоять из пластин подобной конфигурации.

- 15 [0023] Между пластиной 44 и вращающимся элементом 20 расположен дугообразный сегмент 46 уплотнительного кольца. Один или более дугообразных сегментов 46 20 уплотнительного кольца могут вместе образовать полное кольцо. Другими словами, уплотнительный узел 32 можно назвать сегментированным по окружности. В некоторых вариантах сегмент 46 может быть сделан из стали или стальных сплавов. Кроме того, дугообразный сегмент 46 выполнен с возможностью соединения с пластиной 44 с образованием промежутков 47. Между корпусом 18 и сегментом 46 расположены 25 поджимающие элементы 48, которые действуют как несущие упругие детали и обеспечивают высокую жесткость в осевом направлении 40 и низкую жесткость в радиальном направлении 42. Высокая осевая жесткость препятствует значительному перемещению в осевом направлении. Низкая радиальная жесткость позволяет сегменту 46 перемещаться в радиальном направлении. Кроме того, поджимающий элемент 48 30 поддерживает вес сегмента 46 и препятствует трению с вращающимся элементом 20 в условиях отсутствия потока. В некоторых вариантах поджимающий элемент 48 может состоять из упругих деталей. Первый конец 50 каждой упругой детали может быть механически присоединен к сегменту 46, а второй конец 52 каждой упругой детали может быть механически присоединен к неподвижному корпусу 18 или к пластине 44, 35 когда она имеет Т-образную форму. В некоторых вариантах примеры механического соединения могут включать соединение болтами, сварку или другие подходящие технологии для механического соединения двух конструкций. В других вариантах первый конец 50 может быть частью дугообразного сегмента 46, а второй конец 52 механически прикреплен к корпусу 18. Еще в одном варианте второй конец 52 может 40 быть частью неподвижного корпуса 18 или пластины 44, когда она имеет Т-образную форму, а первый конец 50 механически прикреплен к сегменту 46. В этом варианте каждая упругая деталь показана как консоль с большим отношением ширины к толщине. Возможны другие конструкции упругой детали, которые также обеспечивают высокую осевую жесткость и низкую радиальную жесткость.

- 45 [0024] Как показано на фиг. 2, торец 54, или поверхность, сегмента 46 наклонен под первым углом 56 от радиального направления 42. Как изложено подробно ниже, наклон торца 54 позволяет сегменту 46 перемещаться как в радиальном направлении, так и в окружном направлении, как показано стрелкой 58. Кроме того, торец 54 обычно

плоский. В других вариантах торец 54 может быть изогнутым.

[0025] Кроме того, хотя это не показано на фиг. 2, поверхность сегмента 46, обращенная к вращающемуся элементу 20, или сама поверхность элемента 20 может иметь различные средства уменьшения протечки, такие как, помимо прочего, зубцы,

щетки, проволоку и т.д. Например, лабиринтные уплотнительные узлы с увеличивающимся зазором могут иметь один или более дугообразных зубцов с уменьшающимися зазорами, идущих от верхней по течению стороны 34 к нижней по течению стороне 36. Такие уплотнительные узлы могут демонстрировать саморегулирующий режим работы при эксплуатации. В особенности когда зазоры

между верхушками дугообразных зубцов и вращающимся элементом 20 увеличиваются, возрастают гидростатические продувочные силы, таким образом уменьшая зазоры. Когда зазоры уменьшаются, гидростатические вертикальные силы возрастают, таким образом увеличивая зазоры. Путем поддержания зазоров лабиринтные уплотнительные узлы с увеличивающимся зазором помогают уменьшить осевую протечку и

предотвратить повреждение турбины. Таким образом, лабиринтные уплотнительные узлы с увеличивающимся зазором могут использовать перемещение дугообразных сегментов 46 в радиальном или окружном направлении для поддержания требуемых зазоров по головкам зубьев. Варианты выполнения узла 32 с межсегментными промежутками, как описано подробно ниже, позволяют обеспечить такое перемещение

в лабиринтных уплотнительных узлах с увеличивающимся зазором и других уплотнительных узлах, в которых используется перемещение уплотнительного кольца.

[0026] Фиг. 3 является частичным разрезом уплотнительного узла 32 вдоль линии 3-3 на фиг. 2. В показанном варианте два дугообразных сегмента 46 расположены между вращающимся элементом 20 и неподвижным корпусом 18. Уплотнительный узел 32 может содержать дополнительные дугообразные сегменты 46 для образования полного на 360 градусов кольца вокруг элемента 20. Как показано, межсегментный промежуток 70 образован между двумя дугообразными сегментами 46. В показанном примере межсегментные промежутки 70, по существу, прямые, если смотреть на них вдоль оси 40 ротора. Такие промежутки 70 образованы между дополнительными

сегментами 46, образующими остальную часть 360-градусного кольца вокруг вращающегося элемента 20. Межсегментные промежутки 70 выровнены по межсегментной оси 72. Таким образом, межсегментные промежутки 70 наклонены под первым углом 56, образованным между радиальным направлением 42 и межсегментной осью 72. Первый угол 56 может находиться в диапазоне, например, примерно от 0

градусов до 90 градусов, от 10 градусов до 60 градусов, или от 20 градусов до 40 градусов. Конкретное значение первого угла 56 для конкретного случая выбирается с обеспечением перемещения сегментов 46 как в радиальном направлении, так и в окружном направлении, как показано стрелками 58. Факторы, такие как, помимо прочего, количество, ширина, высота, форма или конфигурация сегментов 46 могут

влиять на выбор значения первого угла 56.

[0027] На фиг. 3 поджимающие элементы 48 показаны присоединенными к неподвижному корпусу 18 первым концом 52 и присоединенными к сегментам 46 вторым концом 52. Поджимающие элементы 48 позволяют сегментам 46 перемещаться в направлении, обозначенном стрелками 58. В показанном варианте межсегментная ось

72 может быть, по существу, выровнена с направлением перемещения 58. Другими словами, межсегментные промежутки 70 наклонены в направлении перемещения 58. Как показано, направление перемещения 58 соответствует перемещению сегментов 46 в радиальном и окружном направлениях. Межсегментные промежутки 70 могут быть

определенены шириной 74, которая может быть выбрана в зависимости от требований конкретного случая. Например, ширина 74 может быть минимизирована для уменьшения протечки через межсегментные промежутки 70. В различных вариантах выполнения ширина 74 может находиться в диапазоне, например, примерно от 2 мм до 10 мм, или от 4 мм до 6 мм.

[0028] Фиг. 4 является частичным разрезом уплотнительного узла 32. В показанном варианте межсегментные промежутки 70 не являются прямыми, если смотреть на них вдоль оси 40 ротора. Вместо этого промежутки 70 имеют, по существу, дугообразную форму, если смотреть на них вдоль оси 40 ротора. Вместо этого промежутки 72 являются обычно дугообразными, если смотреть вдоль роторной оси 40. Соответственно межсегментная ось 72 может также быть дугообразной. Дугообразные межсегментные промежутки могут позволить сегментам 46 перемещаться в криволинейном направлении, как показано стрелками 58. Такие дугообразные межсегментные промежутки 70 могут иметь преимущество в некоторых случаях, например в системах с большими отклонениями сегментов 46 (например, примерно 5 мм или больше). Например, сегменты 46 и/или поджимающие элементы 48 могут отклоняться или сгибаться при движении в радиальном и/или окружном направлениях. Таким образом, дугообразные межсегментные промежутки 70 могут обеспечивать возможность любого изменения направления, показанного стрелками 58, вызванного таким отклонением. Другие аспекты уплотнительного узла 32, показанного на фиг. 4, подобны аспектам, обсужденным выше в связи с фиг. 3.

[0029] Фиг. 5 является частичным разрезом уплотнительного узла 32. Дугообразные сегменты 46, показанные на фиг. 5, подобны тем, что показаны на фиг. 3 с прямыми межсегментными промежутками 70. Однако конфигурация поджимающих элементов (или упругих деталей) на фиг. 5 отличается от элементов, показанных на фиг. 3 и 4. На фиг. 5 каждый сегмент 46 присоединен к неподвижному корпусу 18 парой V-образных поджимающих элементов (или упругих деталей) 80, которые симметричны относительно делящей пополам оси (или биссектрисы) 84. Другими словами, ось 84 делит пополам дугообразные сегменты 46, а V-образные элементы 80 расположены приблизительно на одинаковом расстоянии от делящей пополам оси 84. V-образная форма элементов 80 видна, если смотреть вдоль оси 40 ротора. Из-за симметричного расположения V-образных поджимающих элементов 80 относительно делящей пополам оси 84 сегменты 46 перемещаются, по существу, в радиальном направлении, как показано стрелками 86. Так как окружное перемещение дугообразных сегментов 46 ограничено в показанном варианте, межсегментные промежутки 70 (и соответственно межсегментные оси 72) выполнены вдоль радиального направления 42. В других вариантах более чем одна пара V-образных поджимающих элементов 80, которые симметричны относительно делящей пополам оси 84, может быть присоединена к каждому сегменту 46.

[0030] Фиг. 6 является видом в аксонометрии варианта уплотнительного узла 32. В показанном варианте торец 54 дугообразных сегментов 46 уплотнительного кольца наклонен на второй угол 90 от оси 40 ротора. Второй угол 90 может находиться в диапазоне, например, примерно от 0 градусов до 90 градусов, от 10 градусов до 60 градусов, или от 20 градусов до 40 градусов. Конкретное значение второго угла 90 для конкретного случая выбирается с обеспечением уменьшения осевой протечки, как обсуждается подробно ниже. Факторы, такие как, помимо прочего, количество, ширина, высота, форма или конфигурация сегментов 46, могут влиять на выбор значения второго угла 90. Другие аспекты уплотнительного узла 32, показанного на фиг. 6, подобны различным вариантам уплотнительных узлов, обсужденных подробно выше.

[0031] Фиг. 7 является видом сверху уплотнительного узла 32 вдоль линии, обозначенной 7-7 на фиг. 6. Соответственно, вид в аксонометрии на фиг. 6 показан вдоль линии, обозначенной 6-6 на фиг. 7. На фиг. 7 дугообразная пластина 44 удалена для ясности, таким образом, показывая промежуток 47 в дугообразных сегментах 46 уплотнительного кольца. Как показано, межсегментная ось 74 наклонена на второй угол 90 относительно оси 40 ротора. Такая конфигурация промежутков 70 может помочь уменьшить осевую протечку через промежутки 70, потому что эти промежутки 70 не расположены на одной линии с текучей средой, проходящей в осевом направлении 40. Вторые концы 52 упругих деталей могут быть выровнены относительно роторной оси 40, как показано, или вторые концы 52 могут быть выровнены относительно межсегментных осей 72.

[0032] Фиг. 8 является видом сверху одного варианта уплотнительного узла 32. В показанном варианте межсегментный промежуток 70 не является прямым в осевом направлении 40. Вместо этого промежуток 70 выполнен с конфигурацией подобно 15 лабиринту или зубцу. Такая конфигурация промежутков 70 обеспечивает извилистый путь, что может помочь предотвратить осевую протечку. Хотя не всегда прямые, некоторые поверхности промежутков 70, по существу, выровнены относительно оси 40 ротора. В других вариантах некоторые поверхности промежутков 70 могут быть наклонены под вторым углом 90 подобно уплотнительному узлу 32, показанному на 20 фиг. 7.

[0033] Фиг. 9 является блок-схемой способа 120 изготовления уплотнительного узла 32. На этапе 122 формируют сегменты 46 уплотнительного кольца с наклонными торцами. Торцы могут быть, например, по существу, плоскими или изогнутыми. Сегменты 46 могут иметь форму дуги. Кроме того, торцы 54 сегментов 46 могут быть 25 наклонены на первый угол 56 относительно радиуса дуги. На этапе 124 сегменты 46 устанавливают смежно с неподвижным корпусом 18 и разделяют межсегментными промежутками 70. Торцы 54 сегментов 46 устанавливают так, что они наклонены в направлении перемещения 58. На этапе 126 сегменты 46 присоединяют к неподвижному корпусу с помощью поджимающих элементов 48. Поджимающие элементы 48 выполнены с обеспечением перемещения сегментов 46 в направлении перемещения 58, которое может, по существу, происходить вдоль межсегментной оси 72.

[0034] Это письменное описание использует примеры для описания изобретения, включая наилучший вариант, а также, чтобы дать возможность любому специалисту реализовать изобретение, включая изготовление и использование любых устройств или 35 установок и выполнение связанных с этим способов. Кроме того, представленные здесь варианты выполнения включают свойства, которые можно комбинировать друг с другом и со свойствами других описанных вариантов выполнения. Объем охраны изобретения определен формулой изобретения и может включать другие примеры, которые очевидны специалистам. Такие другие примеры будут находиться в границах 40 формул изобретения, если они имеют структурные элементы, которые не отличаются буквально от описания в формуле изобретения, или если они содержат эквивалентные структурные элементы с несущественными различиями от буквально описанных в формуле изобретения.

45 Формула изобретения

1. Уплотнительный узел (32) для турбомашины (10), содержащей неподвижный корпус (18) и ротор (20), выполненный с возможностью вращения вокруг оси (22), причем указанный узел (32) содержит

дугобразные сегменты (46) уплотнительного кольца, которые расположены между ротором (20) и неподвижным корпусом (18) и между которыми имеются межсегментные промежутки (70), проходящие вдоль радиальной оси (42) ротора (20), и

поджимающие элементы (48), каждый из которых содержит пару упругих элементов,

- 5 образующих V-образную форму, если смотреть вдоль оси (22) ротора, и которые расположены между неподвижным корпусом (18) и указанными дугобразными сегментами (46) и присоединены и к корпусу и к указанным сегментам, причем каждый указанный дугобразный сегмент (46) имеет по меньше мере одну пару поджимающих элементов, симметричных относительно оси, делящей пополам соответствующий
- 10 дугобразный сегмент, и расположенных на одинаковом расстоянии от этой оси.

2. Уплотнительный узел (32) по п. 1, в котором симметричное соединение поджимающих элементов с указанными дугобразными сегментами и конфигурация межсегментных промежутков (70) обеспечивают возможность перемещения дугобразных сегментов (46) уплотнительного кольца в радиальном направлении (86).

- 15 3. Уплотнительный узел (32) по п. 1, в котором межсегментные промежутки (70) являются не прямыми в осевом направлении (40).

4. Уплотнительный узел (32) по п. 1, в котором межсегментные промежутки (70) являются прямыми, если смотреть вдоль оси (22) ротора (20).

5. Уплотнительный узел (32) по п. 1, в котором межсегментные промежутки (70)
- 20 являются дугобразными, если смотреть вдоль оси (22) ротора (20).

6. Уплотнительный узел (32) по п. 1, в котором межсегментные промежутки (70) наклонены под углом (90) относительно оси (22) ротора (20).

7. Уплотнительный узел (32) по п. 1, в котором по меньшей одна пара поджимающих элементов (48) соответствующего дугобразного сегмента (46) уплотнительного кольца
- 25 выполнена с обеспечением возможности перемещения указанных дугобразных сегментов (46) в радиальном направлении (42), но ограничивают их перемещение в осевом направлении (40).

- 30 8. Уплотнительный узел (32) по п. 1, содержащий лабиринтное уплотнение с увеличивающимся зазором, которое при эксплуатации обеспечивает возможность саморегулирующегося режима работы.

9. Уплотнительный узел (32) для турбомашины (10), содержащей неподвижный корпус (18) и ротор (20), выполненный с возможностью вращения вокруг оси (22), причем указанный уплотнительный узел (32) содержит

- 35 дугобразные сегменты (46) уплотнительного кольца, которые расположены между ротором (20) и неподвижным корпусом (18) и между которыми имеются межсегментные промежутки (70), проходящие вдоль радиальной оси (42) ротора (20), и

- 40 поджимающие элементы (80), расположенные между неподвижным корпусом (18) и указанными дугобразными сегментами (46) кольца и присоединенные и к корпусу, и к указанным сегментам, причем поджимающие элементы (80) имеют V-образную форму, если смотреть вдоль оси (22) ротора (20), и симметрично присоединены к
- 45 указанным дугобразным сегментам (46) уплотнительного кольца, причем каждый указанный дугобразный сегмент (46) имеет по меньшей мере одну пару поджимающих элементов, симметричных относительно оси, делящей пополам соответствующий дугобразный сегмент, и расположенных на одинаковом расстоянии от этой оси.

- 45 10. Уплотнительный узел (32) по п. 9, в котором симметричное соединение поджимающих элементов (80) с указанными дугобразными сегментами (46) и конфигурация межсегментных промежутков (70) обеспечивают возможность перемещения дугобразных сегментов (46) уплотнительного кольца по существу в

радиальном направлении (86).

11. Уплотнительный узел (32) по п. 9, в котором межсегментные промежутки (70) являются прямыми, если смотреть вдоль оси (22) ротора (40).

5 12. Уплотнительный узел (32) по п. 9, в котором межсегментные промежутки (70) наклонены под углом (90) относительно оси (22) ротора (20).

10 13. Уплотнительный узел (32) по п. 9, в котором каждый поджимающий элемент (80) соответствующего дугообразного сегмента (46) уплотнительного кольца выполнен с обеспечением возможности перемещения указанного соответствующего дугообразного сегмента (46) в радиальном направлении (86), но ограничивает его перемещение в осевом направлении (40).

14. Уплотнительный узел (32) по п. 9, содержащий лабиринтное уплотнение с увеличивающимся зазором, которое при эксплуатации обеспечивает возможность саморегулирующегося режима работы.

15

20

25

30

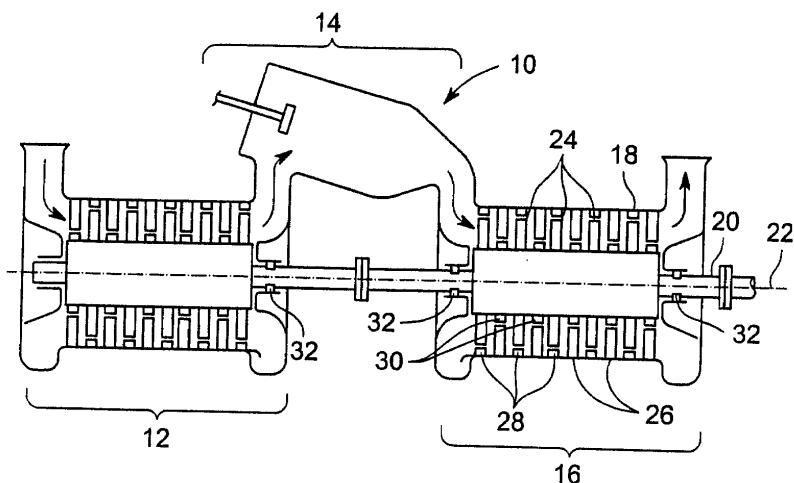
35

40

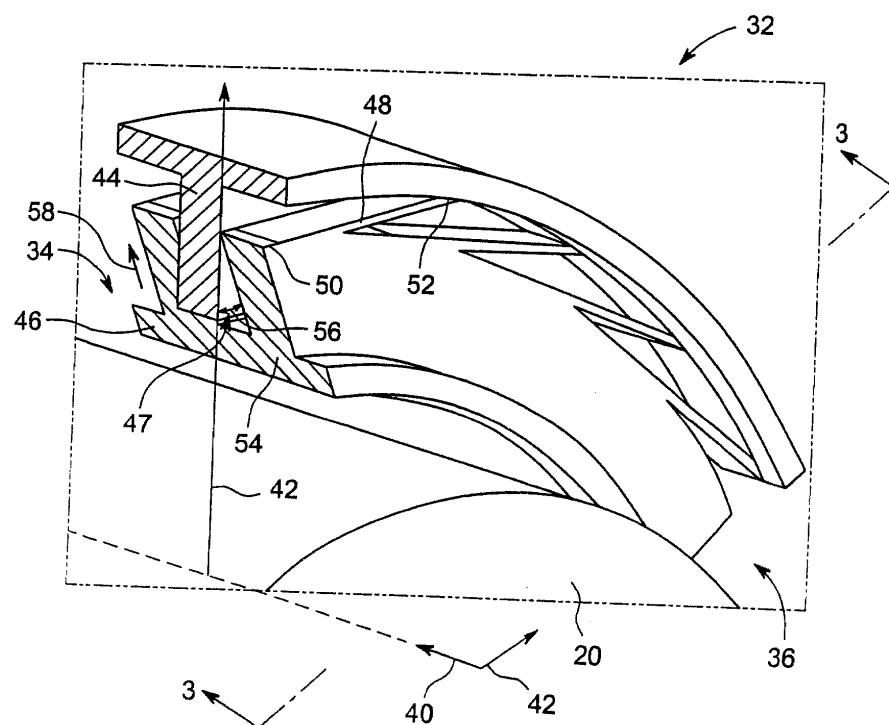
45

Уплотнительный узел для турбомашины (варианты)

1/6



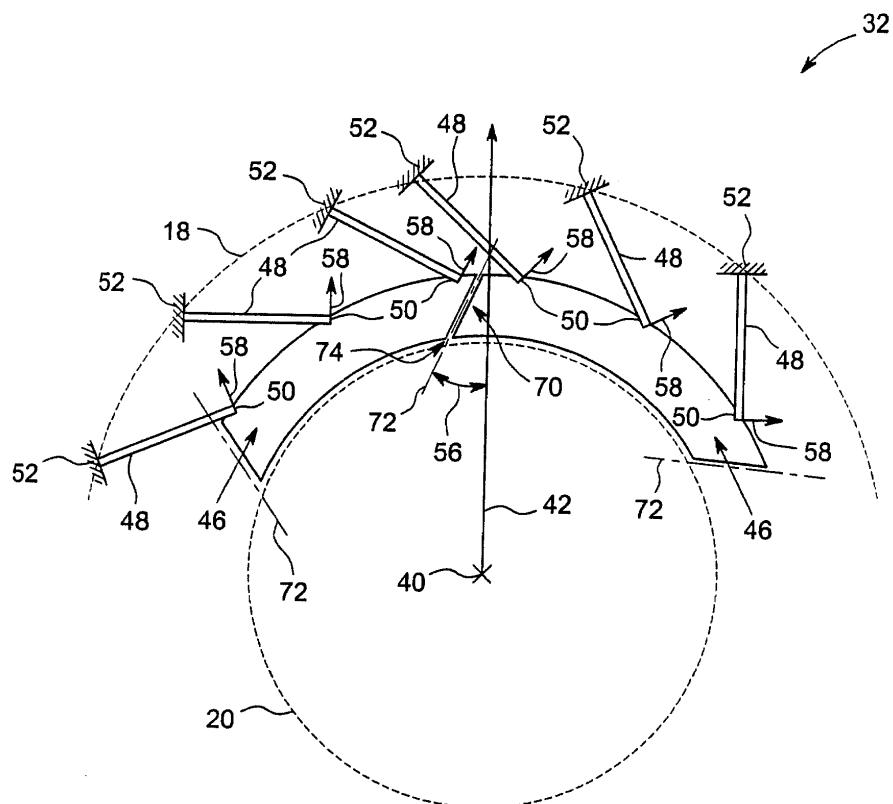
Фиг.1



Фиг.2

Уплотнительный узел для турбомашины (варианты)

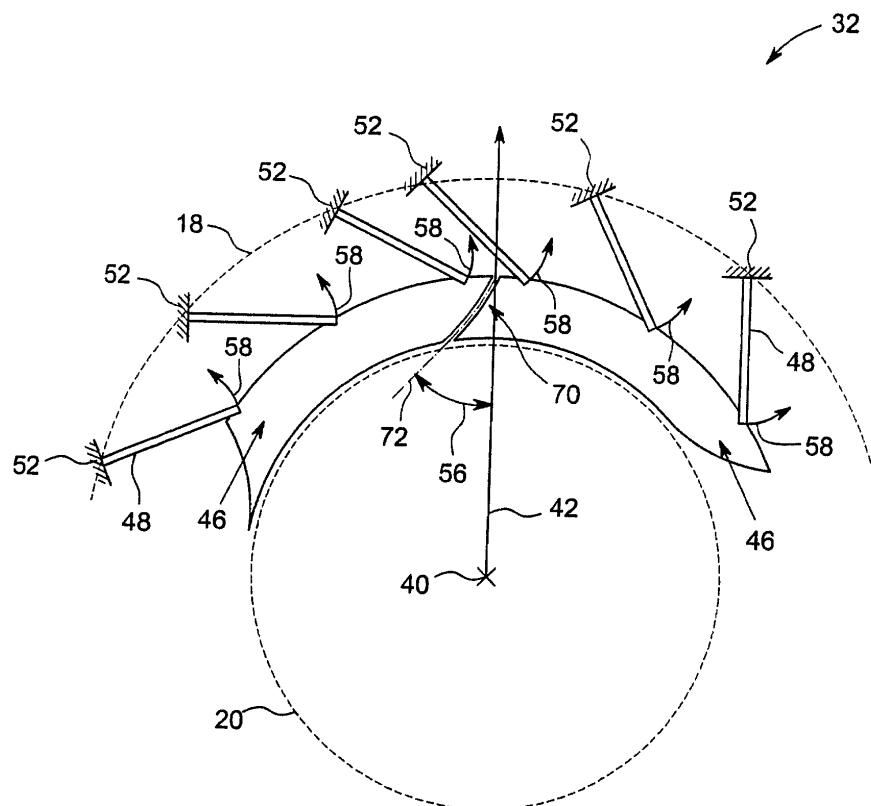
2/6



Фиг.3

Уплотнительный узел для турбомашины (варианты)

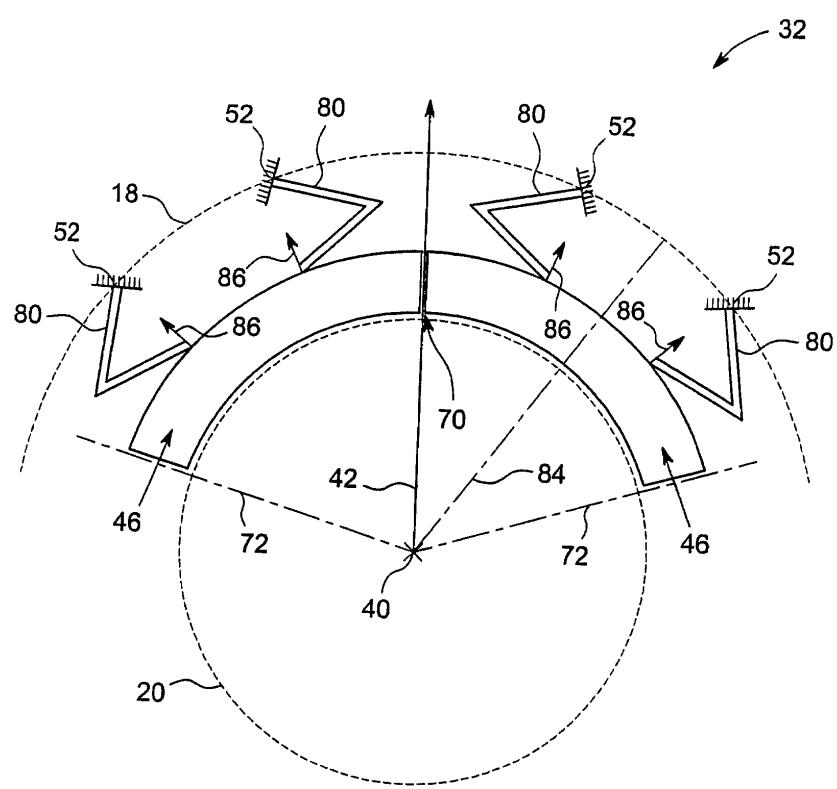
3/6



Фиг.4

Уплотнительный узел для турбомашины (варианты)

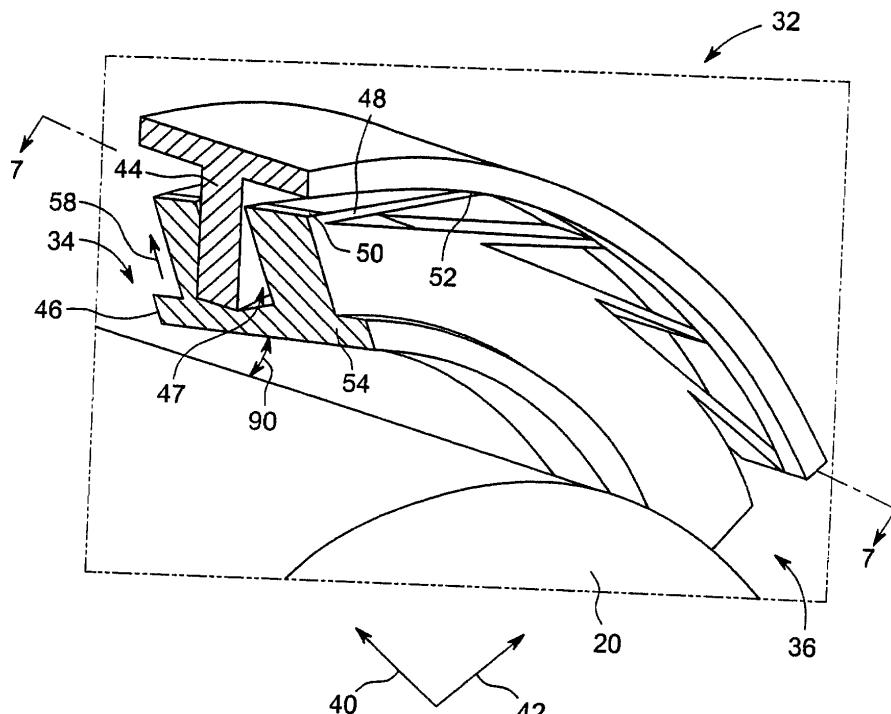
4/6



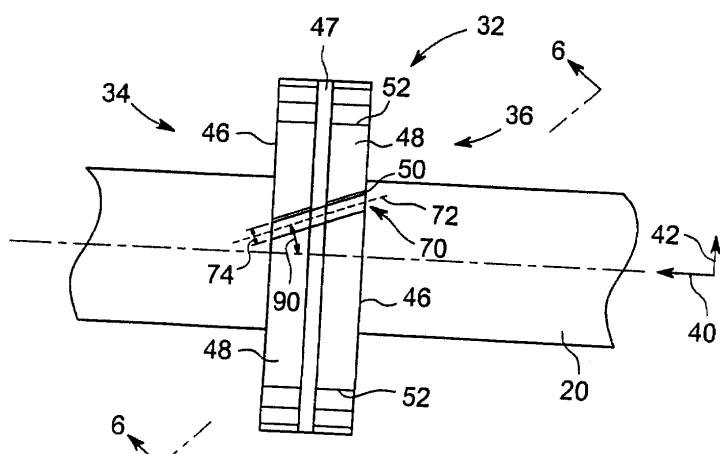
Фиг.5

Уплотнительный узел для турбомашины (варианты)

5/6



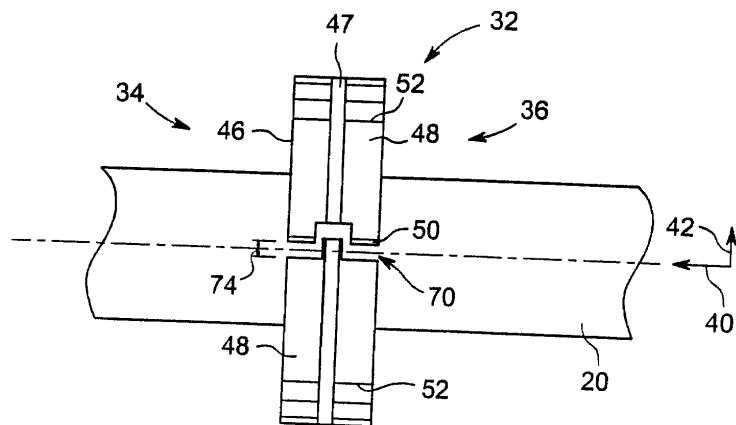
Фиг.6



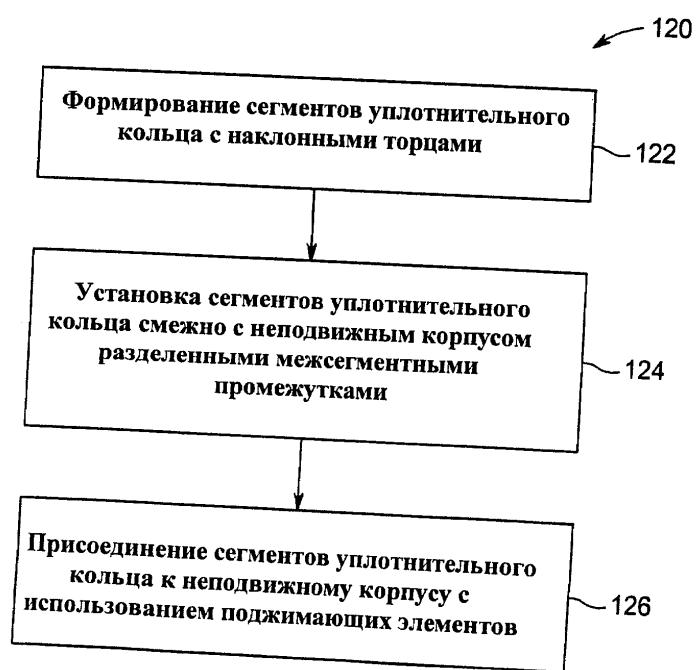
Фиг.7

Уплотнительный узел для турбомашины (варианты)

6/6



ФИГ.8



ФИГ.9