



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

F01D 11/06 (2018.01); F01D 5/08 (2018.01)

(21)(22) Заявка: 2015136927, 03.03.2014

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
03.03.2014Дата регистрации:  
03.05.2018

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:  
01.03.2013 US 61/771,151;  
28.02.2014 US 14/193,000

(43) Дата публикации заявки: 06.04.2017 Бюл. № 10

(45) Опубликовано: 03.05.2018 Бюл. № 13

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на  
национальной фазе: 01.10.2015(86) Заявка РСТ:  
US 2014/019770 (03.03.2014)(87) Публикация заявки РСТ:  
WO 2014/134593 (04.09.2014)

Адрес для переписки:

129090, Москва, ул. Б. Спасская, 25, стр. 3, ООО  
"Юридическая фирма Городисский и Партнеры"

(72) Автор(ы):

ЭБЕРТ Тодд А. (US),  
КИММЕЛЬ Кит Д. (US)

(73) Патентообладатель(и):

СИМЕНС ЭНЕРДЖИ, ИНК. (US)

(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: US 20110247346 A1, 13.10.2011. US  
4708588 A1, 24.11.1987. RU 122447 U1,  
27.11.2012. RU 2117163 C1, 10.08.1998.(54) АКТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПЕРЕПУСКНЫМ ПОТОКОМ ДЛЯ УПЛОТНЕНИЯ В  
ГАЗОТУРБИННОМ ДВИГАТЕЛЕ

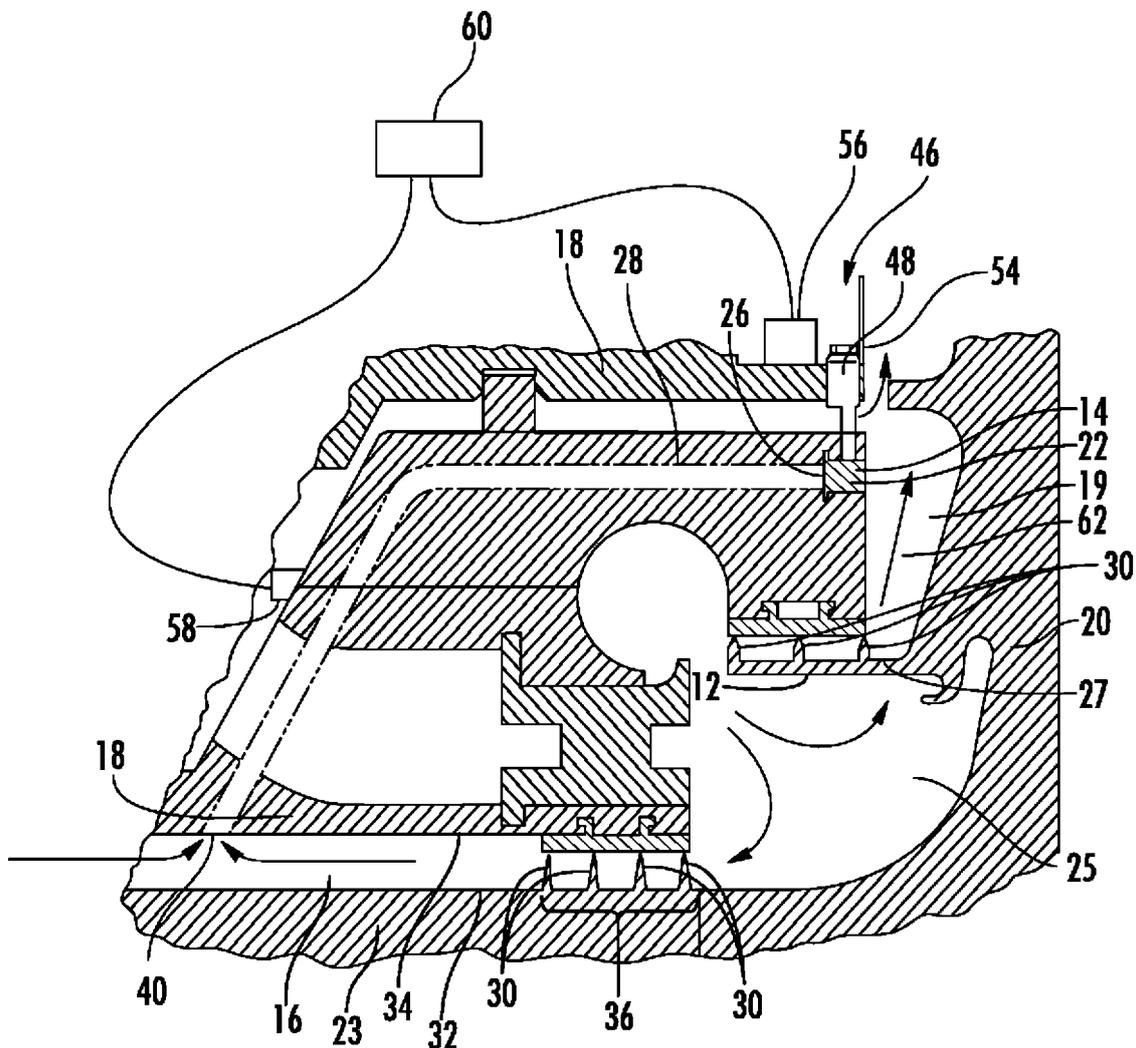
(57) Реферат:

Изобретение относится в основном к газотурбинным двигателям, а конкретнее к системе активного управления перепускным потоком, управляющей перепуском сжатого воздуха вокруг одного или нескольких уплотнений между статором и узлом ротора первой ступени для подачи продувочного воздуха в полость обода. Так, поток сжатого воздуха мимо внешних балансирующих уплотнений (12) претерпевает изменения во времени по мере износа внешнего балансирующего уплотнения

(12) между полостью (62) обода и полостью (25) охлаждения. Система активного управления перепускным потоком предназначена для управления перепускным сжатым воздухом на основании потока утечки сжатого воздуха, протекающего мимо внешнего балансирующего уплотнения (12) между статором (18) и ротором (20) первой ступени газовой турбины в газотурбинном двигателе. Система активного управления перепускным потоком - это регулируемая система, в которой можно

использовать одно или более дозирующих устройств (14) для управления потоком перепускного сжатого воздуха. Таким образом, учитывается износ уплотнения, а также избыточный поток утечки в полость обода, что позволяет предотвратить превышение суммарного потока охлаждающего воздуха в полость обода. При этом дозирующее устройство

может включать в себя круглое кольцо, имеющее по меньшей мере одно продолжающееся через него дозирующее отверстие, посредством чего выравнивание дозирующего отверстия с выпуском можно будет регулировать для изменения площади поперечного сечения проема выровненных участков выпуска и дозирующего отверстия. 13 з.п. ф-лы, 25 ил.



ФИГ. 2

RU 2652958 C2

RU 2652958 C2



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.  
*F01D 11/06* (2006.01)  
*F01D 5/08* (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC  
*F01D 11/06 (2018.01); F01D 5/08 (2018.01)*

(21)(22) Application: **2015136927, 03.03.2014**

(24) Effective date for property rights:  
**03.03.2014**

Registration date:  
**03.05.2018**

Priority:

(30) Convention priority:  
**01.03.2013 US 61/771,151;**  
**28.02.2014 US 14/193,000**

(43) Application published: **06.04.2017** Bull. № 10

(45) Date of publication: **03.05.2018** Bull. № 13

(85) Commencement of national phase: **01.10.2015**

(86) PCT application:  
**US 2014/019770 (03.03.2014)**

(87) PCT publication:  
**WO 2014/134593 (04.09.2014)**

Mail address:  
**129090, Moskva, ul. B. Spasskaya, 25, str. 3, OOO**  
**"Yuridicheskaya firma Gorodisskij i Partnery"**

(72) Inventor(s):

**EBERT Todd A. (US),**  
**KIMMEL Kit D. (US)**

(73) Proprietor(s):

**SIMENS ENERDZHI, INK. (US)**

(54) **ACTIVE BYPASS FLOW CONTROL FOR SEAL IN GAS TURBINE ENGINE**

(57) Abstract:

FIELD: gas turbine engines.

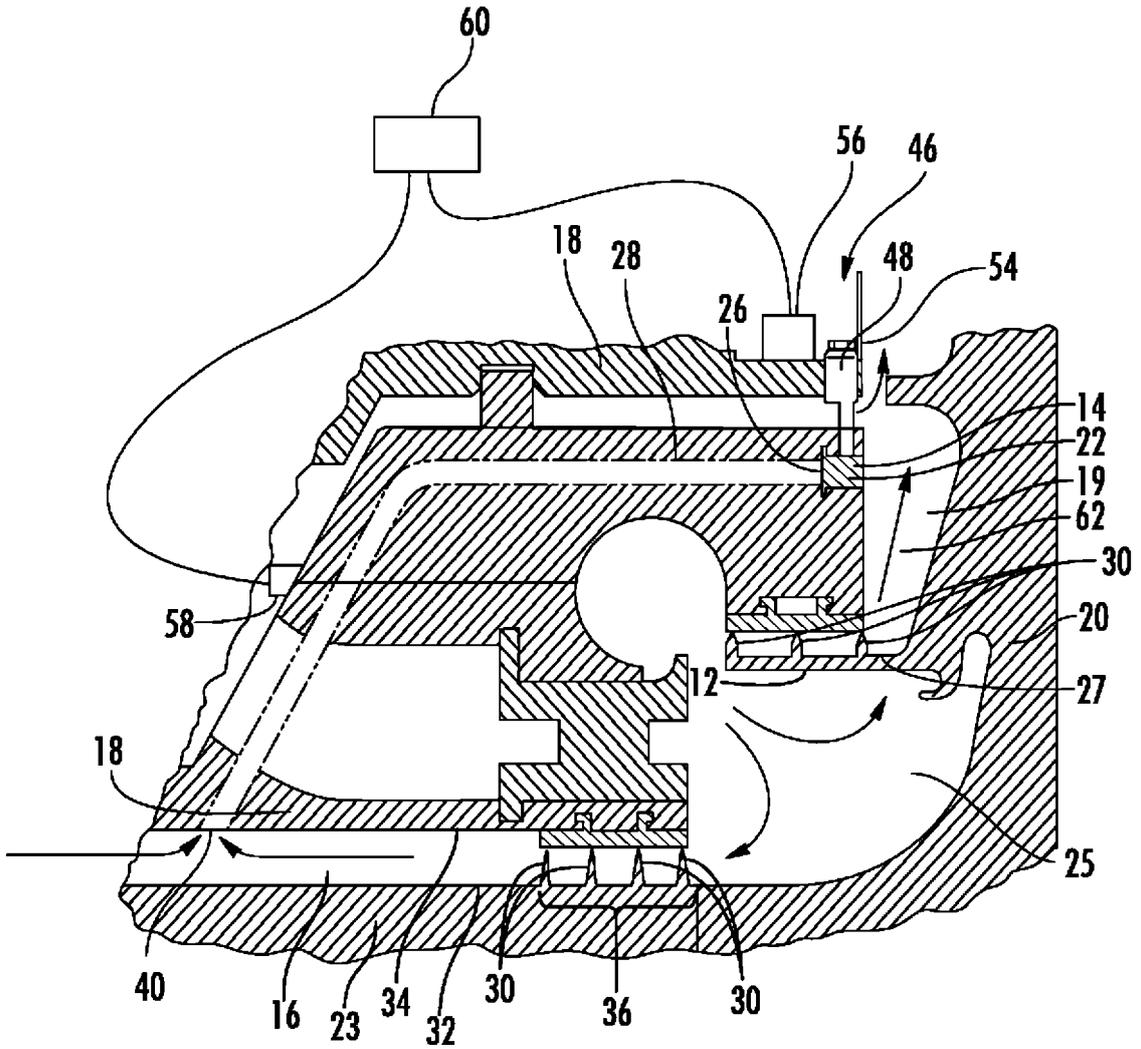
SUBSTANCE: invention relates generally to gas turbine engines, and more particularly to an active bypass flow control system, controlling bypass of compressed air around one or more seals between a stator and a rotor of a first stage for supplying purging air into a rim cavity. Thus, the flow of compressed air past outer balance seals (12) changes over time as outer balance seal (12) between rim cavity (62) and cooling cavity (25) wears. Active bypass flow control system is designed to control bypass compressed air based upon leakage flow of compressed air flowing past outer balance seal (12) between stator (18) and rotor (20) of

a first stage of gas turbine in a gas turbine engine. Active bypass flow control system is an adjustable system in which one or more metering devices can be used (14) to control bypass flow of compressed air. Metering device may include annular ring having at least one metering orifice extending there through, whereby alignment of the metering orifice with the outlet may be adjustable to change a cross-sectional area of an opening of aligned portions of the outlet and the metering orifice.

EFFECT: thus, the wear of the seal is taken into account, as well as the excess leakage flow into the rim cavity, which allows to prevent excess of the total flow

RU 2 652 958 C2

RU 2 652 958 C2



ФИГ. 2

RU 2652958 C2

RU 2652958 C2

## ПЕРЕКРЕСТНАЯ ССЫЛКА НА РОДСТВЕННУЮ ЗАЯВКУ

Данная заявка испрашивает приоритет по предварительной заявке на патент США № 61/771151, поданной 1 марта 2013 г., которая во всей своей полноте включена сюда путем ссылки.

## 5 ОФИЦИАЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ ОБ ИССЛЕДОВАНИИ ИЛИ РАЗРАБОТКЕ С ФИНАНСИРОВАНИЕМ ИЗ ФЕДЕРАЛЬНОГО БЮДЖЕТА

Разработка этого изобретения частично финансировалась по контракту № DE-FC26-05NT42644 Министерства энергетики Соединенных Штатов. Соответственно, Правительство Соединенных Штатов может обладать определенными правами на это изобретение.

## 10 ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ, К КОТОРОЙ ОТНОСИТСЯ ИЗОБРЕТЕНИЕ

Изобретение относится в основном к газотурбинным двигателям, а конкретнее - к системе активного управления перепускным потоком, управляющей перепуском сжатого воздуха вокруг одного или нескольких уплотнений между статором и узлом ротора первой ступени для подачи продувочного воздуха в полость обода.

## 15 УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

Промышленные газотурбинные двигатели часто имеют ротор с рабочими лопатками ротора первой ступени турбины и статор с неподвижными спрямляющими лопатками статора первой ступени ниже по потоку от камеры сгорания. Между статором и соседним ротором в типичном случае расположено уплотнение для полости обода, которая существует между статором и ротором. Продувочный воздух подается в полость обода через перепускной канал и посредством утечки мимо уплотнения. Основная проблема в связи с этой конструкцией заключается в том, что уплотнение изнашивается и поэтому поток утечки увеличивается. Выпуск через перепускной канал постоянен, пока остается неизменным давление подачи. Таким образом, когда поток утечки через уплотнения увеличивается, количество охлаждающего воздуха, обоими путями - мимо уплотнения и из перепускного канала - попадающего в полость обода, увеличивается. Таким образом, существует потребность в учете износа уплотнения и избыточного потока утечки в полость обода с тем, чтобы не происходило превышение суммарного потока охлаждающего воздуха в полость обода.

## 20 РАСКРЫТИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Предложена система активного управления перепускным потоком, предназначенная для управления перепускным сжатым воздухом, протекающим мимо внешнего балансирующего уплотнения, расположенного между статором и ротором первой ступени газовой турбины в газотурбинном двигателе. Система активного управления перепускным потоком - это регулируемая система, в которой можно использовать одно или несколько дозирующих устройств для управления потоком перепускного сжатого воздуха, когда этот поток сжатого воздуха претерпевает изменения во времени по мере износа внешних балансирующих уплотнений между полостью обода и полостью охлаждения. По меньшей мере в одном варианте осуществления дозирующее устройство может представлять собой круглое кольцо, имеющее по меньшей мере одно продолжающееся через него дозирующее отверстие. Дозирующее устройство может быть расположено на выпуске перепускного канала и может быть выполнено с возможностью регулирования таким образом, что выравнивание этого дозирующего отверстия с выпуском можно будет регулировать для изменения площади поперечного сечения проема выровненных участков выпуска перепускного канала и дозирующего отверстия с уменьшением или увеличением проема выровненных участков, изменяющим поток сжатого воздуха через дозирующее устройство.

По меньшей мере в одном варианте осуществления система активного управления перепускным потоком может включать в себя узел статора, расположенный вблизи ротора первой ступени, посредством чего канал сжатого воздуха располагается между участком узла статора и валом ротора. Конфигурация одного или нескольких внешних балансирующих уплотнений может обеспечивать по меньшей мере сокращение притока порции горячих газов в полость охлаждения. По меньшей мере в одном варианте осуществления внешнее балансирующее уплотнение может быть лабиринтным уплотнением, сформированным из множества зубьев, объединенных со щеточным уплотнением, уплотняющим полость обода от полости охлаждения. Внешнее балансирующее уплотнение может быть расположено на радиально внутреннем конце полости обода между полостью обода и полостью охлаждения.

Один или несколько перепускных каналов могут простираются от впуска, сообщающегося по текучей среде с каналом сжатого воздуха выше по потоку от внешнего балансирующего уплотнения, до выпуска, сообщающегося по текучей среде с каналом сжатого воздуха ниже по потоку от внешнего балансирующего уплотнения. Система активного управления перепускным потоком также может включать в себя одно или несколько дозирующих устройств, выполненных с возможностью регулирования, позволяющих регулировать поток охлаждающих текучих сред через перепускной канал для согласования с изменяющимся потоком сжатого воздуха, проходящего мимо внешнего балансирующего уплотнения, когда внешнее балансирующее уплотнение изнашивается во время эксплуатации турбины.

Дозирующее устройство может быть сформировано из круглого кольца, имеющего одно или несколько продолжающихся через него дозирующих отверстий. Дозирующее устройство может быть расположено на выпуске перепускного канала и может быть выполнено с возможностью регулирования таким образом, что выравнивание дозирующего отверстия с выпуском можно будет регулировать для изменения площади поперечного сечения проема выровненных участков выпуска перепускного канала и дозирующего отверстия дозирующего устройства. По меньшей мере в одном варианте осуществления дозирующее устройство может включать в себя множество дозирующих отверстий, продолжающихся через по меньшей мере одно дозирующее устройство. В одном варианте осуществления множество дозирующих отверстий могут быть расположены эквидистантно друг от друга. Множество дозирующих отверстий могут быть расположены в дозирующем устройстве так, что каждое из дозирующих отверстий выровнено с перепускным каналом в открытом состоянии.

Система активного управления перепускным потоком может также включать в себя систему управления положением, предназначенную для управления положением дозирующего устройства относительно выпуска перепускного канала. По меньшей мере в одном варианте осуществления система управления положением может включать в себя кулачковый регулятор, имеющий внутренний паз для приема стойки, которая удерживает дозирующее устройство относительно выпуска перепускного канала. Стойка может быть выполнена с возможностью перемещения в пределах паза для изменения положения дозирующего устройства относительно выпуска перепускного канала. По меньшей мере в одном варианте осуществления система управления положением может также включать в себя один или несколько управляющих рычагов для изменения выравнивания дозирующего устройства относительно выпуска перепускного канала. Система управления положением может также включать в себя один или несколько электродвигателей, используемых для изменения выравнивания дозирующего устройства относительно выпуска перепускного канала. Система

управления положением может включать в себя один или несколько датчиков, конфигурация которых обеспечивает измерение величины потока утечки, возникающего в дозирующем устройстве. В других вариантах осуществления можно использовать один или несколько датчиков для измерения степени понижения давления на дозирующем устройстве. Система управления положением может включать в себя контроллер, осуществляющий связь с датчиком и с электродвигателем, так что контроллер управляет работой электродвигателя, управляя выравниванием дозирующего устройства относительно выпуска перепускного канала на основании данных, получаемых из датчика.

В еще одном варианте осуществления система активного управления перепускным потоком для внешнего балансирующего уплотнения может включать в себя узел статора, расположенный вблизи ротора первой ступени, посредством чего канал сжатого воздуха располагается между участком узла статора и валом ротора. Система активного управления перепускным потоком может также включать в себя одно или несколько внешних балансирующих уплотнений, конфигурация которых обеспечивает по меньшей мере сокращение притока порции горячих газов в полость охлаждения. Один или несколько перепускных каналов могут простираются от впуска, сообщаемого по текучей среде с каналом сжатого воздуха выше по потоку от внешнего балансирующего уплотнения, до выпуска, сообщаемого по текучей среде с каналом сжатого воздуха ниже по потоку от внешнего балансирующего уплотнения. Система активного управления перепускным потоком может включать в себя одно или несколько дозирующих устройств, выполненных с возможностью регулирования таким образом, что выравнивание этого дозирующего отверстия с выпуском можно будет регулировать для регулирования потока охлаждающих текучих сред через перепускной канал, чтобы согласовать его с изменяющимся потоком сжатого воздуха, проходящего мимо внешнего балансирующего уплотнения, когда внешнее балансирующее уплотнение изнашивается во время эксплуатации турбины.

Дозирующее устройство может включать в себя один или несколько клапанов, сформированных из одного или нескольких штоков, перемещаемых между открытым и закрытым положениями, в которых шток по меньшей мере частично делит пополам перепускной канал. Дозирующее устройство может также включать в себя один или несколько кулачков для перемещения штока между открытым и закрытым положениями. По меньшей мере в одном варианте осуществления кулачок может быть сформирован из шайбы, расположенной в контакте с головкой штока. Шток может также включать в себя одно или несколько отверстий, находящихся в теле штока и располагающихся так, что отверстие выравнивается с перепускным каналом, когда шток находится в открытом положении. Система активного управления перепускным потоком может также включать в себя кольцо синхронизатора, связанное со штоком посредством одного или нескольких коромысел клапана, простирающихся от штока к кольцу синхронизатора. Коромысло клапана может быть шарнирно прикреплено к кольцу синхронизатора. Кольцо синхронизатора может быть прикреплено к одному или нескольким кулачкам, контактирующим со штоком, для перемещения штока между открытым и закрытым положениями посредством по меньшей мере одного коромысла клапана. Кольцо синхронизатора может быть цилиндрическим, а к нему может быть прикреплено множество коромысел клапана. В другом варианте осуществления кольцо синхронизатора может также включать в себя множество кулачков, сформированных из пазов, содержащихся внутри кольца синхронизатора. Множество кулачков могут быть непараллельными и перпендикулярными оси, касательной к искривленной

средней линии кольца синхронизатора. Эти и другие варианты осуществления подробнее описываются ниже.

#### КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

5 Прилагаемые чертежи, которые включены в описание изобретения и образуют его часть, иллюстрируют варианты осуществления предлагаемого изобретения и вместе с их описанием раскрывают принципы изобретения.

На фиг. 1 представлено сечение газотурбинного двигателя с системой активного управления перепускным потоком, которая управляет перепускным сжатым воздухом, протекающим вокруг одного или нескольких уплотнений между полостью обода и 10 полостью охлаждения.

На фиг. 2 представлено определяемое детализирующей линией 2-2 подробное сечение системы активного управления перепускным потоком, расположенной с ротором и статором первой ступени в промышленном газотурбинном двигателе.

15 На фиг. 3 представлен вид сверху кулачкового регулятора при уставке ноль градусов, посредством чего проем открыт на 100 процентов.

На фиг. 4 представлен вид сверху кулачкового регулятора при уставке двадцать градусов, посредством чего проем открыт менее чем на 100 процентов.

20 На фиг. 5 представлено сечение секции дозирующего устройства с дозирующими отверстиями, выровненными при нулевой уставке, на левой стороне и проточными каналами, сдвинутыми при уставке двадцать градусов, на правой стороне.

На фиг. 6 представлен подробный вид датчика системы управления положением системы активного управления перепускным потоком.

25 На фиг. 7 представлено сечение секции дозирующего устройства в альтернативном варианте осуществления со всеми дозирующими отверстиями, выровненными при уставке двадцать градусов, посредством чего проем открыт на 100 процентов.

На фиг. 8 представлено подробное сечение согласно другому варианту осуществления системы активного управления перепускным потоком, расположенной с ротором и статором первой ступени в промышленном газотурбинном двигателе, ограниченное детализирующей линией.

30 На фиг. 9 представлено сечение секции дозирующего устройства в альтернативном варианте осуществления с дозирующими отверстиями, объединенными для образования семейств дозирующих отверстий в дозирующем устройстве.

35 На фиг. 10 представлено определенное детализирующей линией 2-2 подробное сечение согласно еще одному варианту осуществления системы активного управления перепускным потоком, расположенной с ротором и статором первой ступени в промышленном газотурбинном двигателе.

На фиг. 11 представлено определенное детализирующей линией 11-11, показанной на фиг. 10, подробное сечение согласно еще одному варианту осуществления дозирующего устройства в открытом положении.

40 На фиг. 12 представлено определенное детализирующей линией 11-11, показанной на фиг. 10, подробное сечение согласно варианту осуществления дозирующего устройства, изображенного на фиг. 11, в закрытом положении.

45 На фиг. 13 представлено ограниченное детализирующей линией 11-11, показанной на фиг. 10, подробное сечение согласно еще одному варианту осуществления дозирующего устройства в закрытом положении.

На фиг. 14 представлено ограниченное детализирующей линией 11-11, показанной на фиг. 10, подробное сечение согласно варианту осуществления дозирующего устройства, изображенного на фиг. 13, в открытом положении.

На фиг. 15 представлен построенный по секущей линии 15-15, показанной на фиг. 22, осевой вид спереди кольца синхронизатора с участком коромысла клапана, заключенного внутри паза с образованием кулачка, когда клапан находится в открытом положении.

5 На фиг. 16 представлен построенный по секущей линии 15-15, показанной на фиг. 22, осевой вид спереди кольца синхронизатора с участком коромысла клапана, заключенного внутри паза с образованием кулачка, когда клапан находится в нейтральном положении.

10 На фиг. 17 представлен построенный по секущей линии 15-15, показанной на фиг. 22, осевой вид спереди кольца синхронизатора с участком коромысла клапана, заключенного внутри паза с образованием кулачка, когда клапан находится в закрытом положении.

15 На фиг. 18 представлен построенный по секущей линии 18-18, показанной на фиг. 22, вид сбоку кольца синхронизатора с участком коромысла клапана, заключенного внутри паза с образованием кулачка, когда клапан находится в открытом положении.

На фиг. 19 представлен построенный по секущей линии 18-18, показанной на фиг. 22, осевой вид спереди кольца синхронизатора с участком коромысла клапана, заключенного внутри паза с образованием кулачка, когда клапан находится в нейтральном положении.

20 На фиг. 20 представлен построенный по секущей линии 18-18, показанной на фиг. 22, осевой вид спереди кольца синхронизатора с участком коромысла клапана, заключенного внутри паза с образованием кулачка, когда клапан находится в закрытом положении.

25 На фиг. 21 представлен частичный вид сбоку кольца синхронизатора согласно фиг. 23.

На фиг. 22 представлено частичное перспективное изображение кольца синхронизатора согласно фиг. 23.

На фиг. 23 представлено перспективное изображение согласно варианту осуществления кольца синхронизатора системы управления положением клапана.

30 На фиг. 24 представлено подробное перспективное изображение кольца синхронизатора, коромысла клапана и самого клапана системы управления положением клапана, построенное по секущей линии 24-24, показанной на фиг. 22.

35 На фиг. 25 представлено, построенное по секущей линии 24-24, показанной на фиг. 22, подробное перспективное изображение согласно другому варианту осуществления кольца синхронизатора, коромысла клапана и самого клапана системы управления положением клапана.

#### ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Как показано на фиг. 1-25, предложена система 10 активного управления перепускным потоком, предназначенная для управления перепускным сжатым воздухом на основе  
40 потока утечки сжатого воздуха, протекающего мимо внешнего балансирующего уплотнения 12 между статором 18 и ротором 20 первой ступени газовой турбины 21 в газотурбинном двигателе. Система 10 активного управления перепускным потоком является регулируемой системой, в которой можно использовать одно или несколько дозирующих устройств 14 для управления потоком перепускного сжатого воздуха,  
45 когда поток сжатого воздуха претерпевает изменения во времени по мере износа внешнего балансирующего уплотнения 12 между полостью 62 обода и полостью 25 охлаждения. По меньшей мере в одном варианте осуществления дозирующее устройство 14 может включать в себя круглое кольцо 22, имеющее по меньшей мере одно

продолжающееся через него дозирующее отверстие 24. Дозирующее устройство 14 может быть расположено на выпуске 26 перепускного канала 28 и может быть выполнено с возможностью регулирования таким образом, что выравнивание этого дозирующего отверстия 24 с выпуском 26 можно будет регулировать для изменения площади поперечного сечения проема 44 выровненных участков выпуска 26 перепускного канала 28 и дозирующего отверстия 24 с уменьшением или увеличением проема 44 выровненных участков, изменяющим поток сжатого воздуха через дозирующее устройство 14. В другом варианте осуществления, как показано на фиг. 8, дозирующее устройство 14 может быть расположено между выпуском 26 перепускного канала 28 и впуском 40 или на впуске 40.

Как показано на фиг. 1, система 10 активного управления перепускным потоком для внешнего балансирующего уплотнения 12 может включать в себя узел 18 статора, расположенный вблизи вала 23 ротора. Узел 18 статора может иметь любую подходящую конфигурацию. Один или несколько каналов 16 сжатого воздуха могут быть расположены между участком узла 18 статора и валом 23 ротора. Конфигурация одного или нескольких внешних балансирующих уплотнений 12 может обеспечивать по меньшей мере сокращение притока порции горячих газов в полость 25 охлаждения. По меньшей мере в одном варианте осуществления внешнее балансирующее уплотнение 12 может исключать все всасывание горячих газов в полость 25 охлаждения. Внешнее балансирующее уплотнение 12 может быть - но не в ограничительном смысле - лабиринтным уплотнением, щеточным уплотнением или лепестковым уплотнением. По меньшей мере в одном варианте осуществления внешнее балансирующее уплотнение 12 может быть лабиринтным уплотнением, сформированным из множества зубьев 30, объединенных со щеточным уплотнением, уплотняющим полость 62 обода от полости 25 охлаждения. Внешнее балансирующее уплотнение 12 может быть расположено на радиально внутреннем конце 27 полости 62 обода между полостью 62 обода и полостью 25 охлаждения. По меньшей мере в некоторых вариантах осуществления зубья 30 могут существенно сокращать, если не вообще исключать, приток горячих газов мимо уплотнения 12 в полость 25 охлаждения. Изнутри от внешнего балансирующего уплотнения 12 может быть расположено внутреннее балансирующее уплотнение 36, которое может быть - но не в ограничительном смысле - лабиринтным уплотнением, щеточным уплотнением или лепестковым уплотнением. По меньшей мере в одном варианте осуществления внутреннее балансирующее уплотнение 36 может включать в себя множество зубьев 30, простирающихся от первой стороны 32 канала 16 сжатого воздуха до второй стороны 34 канала 16 сжатого воздуха.

Система 10 активного управления перепускным потоком может также включать в себя одно или несколько перепускных каналов 28, простирающимся от впуска 40, сообщающегося по текучей среде с каналом 16 сжатого воздуха выше по потоку от внешнего балансирующего уплотнения 12, до выпуска 26, сообщающегося по текучей среде с каналом 16 сжатого воздуха ниже по потоку от внешнего балансирующего уплотнения 12. По меньшей мере в одном варианте осуществления перепускной канал 28 может быть расположен внутри участка узла 18 статора. Как показано на фиг. 2, перепускной канал 28 может быть расположен таким образом, что впуск 40 перепускного канала 28 располагается в поперечно проходящем участке канала 16 сжатого воздуха выше по потоку от внешнего балансирующего уплотнения 12, а выпуск 26 располагается в полости 62 обода ниже по потоку от внешнего балансирующего уплотнения 12. Перепускной канал 28 может быть образован из любой подходящей структуры. По меньшей мере в одном варианте осуществления перепускной канал 28

может быть каналом цилиндрической формы. В другом варианте осуществления перепускной канал 28 может быть каналом торообразной формы. В еще одном варианте осуществления перепускной канал 28 может быть образован из множества перепускных каналов, расположенных по окружности вокруг простирающегося в окружном направлении узла 18 статора.

Система 10 активного управления перепускным потоком может также включать в себя одно или несколько дозирующих устройств 14, выполненных с возможностью регулирования и позволяющих регулировать поток охлаждающих текучих сред через перепускной канал 28 для согласования с изменяющимся потоком сжатого воздуха, проходящего мимо внешнего балансирующего уплотнения 12, когда внешнее балансирующее уплотнение 12 изнашивается во время эксплуатации турбины. По меньшей мере в одном варианте осуществления дозирующее устройство 14 может быть круглым кольцом 22, имеющим одно или несколько продолжающихся через него дозирующих отверстий 24. Дозирующее устройство 14 может быть расположено на выпуске 26 перепускного канала 28 и может быть выполнено с возможностью регулирования таким образом, что выравнивание этого дозирующего отверстия 24 с выпуском 26 можно будет регулировать для изменения площади поперечного сечения проема 44 выровненных участков выпуска 26 перепускного канала 28 и дозирующего отверстия 24 дозирующего устройства 14. По меньшей мере в одном варианте осуществления дозирующее устройство 14 может включать в себя множество дозирующих отверстий 24, продолжающихся через дозирующее устройство 14. По меньшей мере в одном варианте осуществления множество дозирующих отверстий 24 могут быть расположены эквидистантно друг от друга, а в других вариантах осуществления множество дозирующих отверстий 24 могут быть расположены в других конфигурациях друг относительно друга. Множество дозирующих отверстий 24 могут быть расположены в дозирующем устройстве 14 так, что каждое из дозирующих отверстий 24 выровнено с перепускным каналом 28 в открытом состоянии, как показано на фиг. 7. В другом варианте осуществления, как показано на фиг. 9, дозирующие отверстия 24 дозирующего устройства 14 могут быть сгруппированы в семейства дозирующих отверстий 24 таким образом, что расстояние между каждым семейством и соседним может быть расстоянием без дозирующих отверстий 24, которое больше, чем расстояние между дозирующими отверстиями 24 в пределах каждого семейства. Каждое семейство может иметь идентичный промежуток между дозирующими отверстиями 24 или может иметь отличающийся промежуток. Соседние семейства дозирующих отверстий 24 могут иметь идентичный промежуток между дозирующими отверстиями 24 или могут иметь отличающийся промежуток.

По меньшей мере в одном варианте осуществления дозирующие отверстия 24 могут быть скошенными или наклоненными, как показано на фиг. 7, относительно перепускного канала 28. В частности, дозирующие отверстия 24 могут быть скошены таким образом, что сжатые газы, протекающие через дозирующие отверстия 24, будут вносить по меньшей мере частичный окружной вектор в поток сжатого газа. Скашивая дозирующие отверстия 24, можно извлечь выгоду из закрутки перепускного потока, выпускаемого из перепускного канала 28 в полость 62 обода.

Система 10 активного управления перепускным потоком может также включать в себя систему 46 управления положением, предназначенную для управления положением дозирующих устройств 14 относительно выпуска 26 перепускного канала 28. Система 46 управления положением может быть - но не в ограничительном смысле - ручной системой, системой с приводом от электродвигателя и автоматически регулируемой

системой. По меньшей мере в одном варианте осуществления, как показано на фиг. 3 и 4, система 46 управления положением может быть кулачковым регулятором 48, имеющим внутренний паз 50 для приема стойки 52, которая удерживает дозирующее устройство 14 относительно выпуска 26 перепускного канала 28, причем стойка 52  
5 выполнена с возможностью перемещения внутри паза 50 для изменения положения дозирующего устройства 14 относительно выпуска 26 перепускного канала 28. По меньшей мере в одном варианте осуществления кулачковый регулятор 48 может быть расположен таким образом, что дозирующее отверстие 24 выровнено с выпуском 26 перепускного канала 28, что можно назвать кулачковым регулятором, находящимся  
10 в нулевом положении, как показано на фиг. 3. По меньшей мере в одном варианте осуществления кулачковый регулятор 48 может быть расположен таким образом, что дозирующее отверстие 24 сдвинуто относительно выпуска 26 перепускного канала 28, что можно назвать кулачковым регулятором, находящимся в положении двадцать градусов, как показано на фиг. 4. Система 46 управления положением может также  
15 включать в себя один или несколько управляющих рычагов 54 для изменения выравнивания дозирующих устройств 14 относительно выпуска 26 перепускного канала 28. Управляющий рычаг 54 может иметь любую подходящую конфигурацию, допускающую регулирование дозирующих устройств 14 относительно выпуска 26 во время простоя, когда двигатель остановлен, или во время эксплуатации, или в обоих  
20 случаях. В еще одном варианте осуществления система 46 управления положением может также включать в себя один или несколько электродвигателей 56, используемых для изменения выравнивания дозирующих устройств 14 относительно выпуска 26 перепускного канала 28. Электродвигатель может быть - но не в ограничительном смысле - таким электродвигателем, как шаговый электродвигатель, гидроэлектрический  
25 двигатель, пневмоэлектрический двигатель или пьезоэлектрический двигатель.

Система 46 управления положением может также включать в себя один или несколько датчиков 58, конфигурация которых обеспечивает измерение величины потока утечки, возникающего в дозирующем устройстве 14. Датчик 58 может быть любым подходящим датчиком 58, конфигурация которого обеспечивает обнаружение давления, такого - но  
30 не в ограничительном смысле - как давление предварительной закрутки ниже по потоку. Датчик 58 может измерять степень понижения давления на дозирующем устройстве 14 или массовый поток. По меньшей мере в одном варианте осуществления системы 10 активного управления перепускным потоком, система 46 управления положением может также включать в себя контроллер 60, осуществляющий связь с датчиком 58 и  
35 с электродвигателем 56 таким образом, что контроллер 60 управляет работой электродвигателя 56, управляя выравниванием дозирующего устройства 14 относительно выпуска 26 перепускного канала 28 на основании, по меньшей мере частично, данных, получаемых из датчика 58. Контроллер 60 может быть - но не в ограничительном смысле - системой логического управления газотурбинного двигателя, компонентом  
40 системы логического управления газотурбинного двигателя, любым микроконтроллером, программируемым контроллером, компьютером, персональным компьютером (ПК), компьютером-сервером, компьютером пользователя-клиента, планшетным компьютером, портативным компьютером, настольным компьютером, системой управления или любой машиной, способной исполнять (последовательно или  
45 иным способом) набор команд, которые предписывают действия, проводимые контроллером 60. Кроме того, хотя изображен одиночный контроллер 60, термин «контроллер» также следует рассматривать как включающий в себя любое семейство контроллеров, которые по отдельности или совместно исполняют набор (или несколько

наборов) команд для воплощения любой одной или нескольких рассматриваемых здесь методологий.

Во время его использования сжатый воздух пропускают из компрессора в канал 16 сжатого воздуха. Попадание сжатого воздуха в полость 62 обода через внешнее балансирующее уплотнение 12, по существу, предотвращается, и всасывание горячего газа в полость 25 охлаждения из полости 62 обода, по существу, предотвращается. Дозирующее устройство 14 можно использовать для отклонения сжатого воздуха в полость 62 обода для продувки горячего газа из полости 62 обода, когда внешнее балансирующее уплотнение 12 предотвращает приток горячего газ в полость 25 охлаждения и канал 16 сжатого воздуха. По мере износа внешнего балансирующего уплотнения 12 и превращения его в менее эффективное при большей утечке сжатого воздуха дозирующее устройство 14 можно отрегулировать на выпуск меньшего количества сжатого воздуха с выпуска 26. Поток сжатого воздуха через дозирующее устройство 14 можно регулировать за счет регулирования дозирующего устройства 14 таким образом, что меньше дозирующих отверстий 24 становятся выровненными с выпуском 26 перепускного канала 28. Положение дозирующего устройства 14 можно регулировать, когда турбинный двигатель работает, или во время простоя, когда двигатель отключен. Положение дозирующего устройства 14 можно регулировать вручную, например - с помощью управляющего рычага 54 и кулачкового регулятора 48, посредством одного или нескольких электродвигателей 56, посредством автоматической системы, описанной выше, с контроллером 60, электродвигателем 56 и датчиком 58, или с помощью любой комбинации этих систем.

В другом варианте осуществления, как показано на фиг. 10-12, система 10 активного управления перепускным потоком может включать в себя дозирующее устройство 14, образованное из одного или нескольких клапанов 70, образованных из одного или нескольких штоков 72, каждым из которых управляет кулачок 74. Конфигурация каждого клапана 70 может обеспечивать осевое перемещение вдоль продольной оси 76 штока 72 между открытым положением, показанным на фиг. 11, и закрытым положением, показанным на фиг. 12. Положением клапана 70 можно управлять посредством кулачка 74 при повороте кулачка 74 таким образом, что положение головки 78 штока 72 относительно перепускного канала 28 изменяется. По меньшей мере в одном варианте осуществления кулачок 74 может быть образован из шайбы 86 с отверстием 88, в котором заключен шток 72. Шайба 86 может быть в целом цилиндрической, и ее можно поворачивать, перемещая шток 72 между закрытым и открытым положением, или наоборот.

Шток 72 может включать в себя одно или несколько отверстий 80. Отверстие 80 может быть расположено, а шток 72 повернут таким образом, что в открытом положении, как показано на фиг. 11, отверстие 80 может быть выровнено с перепускным каналом 28, тем самым допуская поток газов через шток 72 и через перепускной канал 28. Отверстие 80 может иметь любой подходящий размер, например, больший, меньший или равный размеру перепускного канала 28. Отверстие 80 может быть цилиндрическим или иметь другую форму поперечного сечения. Отверстие 80 может быть расположено, а шток 72 - повернут, таким образом, что в закрытом положении, как показано на фиг. 12, отверстие 80 может быть по меньшей мере частично не выровнено с перепускным каналом 28, тем самым частично блокируя поток газов через шток 72 и через перепускной канал 28. По меньшей мере в одном варианте осуществления отверстие 80 может быть расположено, а шток 72 - повернут, таким образом, что в закрытом положении, как показано на фиг. 12, отверстие 80 не выровнено с перепускным каналом

28, тем самым полностью блокируя поток газов через шток 72 и через перепускной канал 28.

В другом варианте осуществления система 10 активного управления перепускным потоком может включать в себя дозирующее устройство 14, образованное из одного или нескольких клапанов 70, образованных из одного или нескольких штоков 72, каждым из которых управляет кулачок 74, как показано на фиг. 13-14. Конфигурация каждого клапана 70 может обеспечивать осевое перемещение вдоль продольной оси 76 штока 72 между открытым положением, показанным на фиг. 14, и закрытым положением, показанным на фиг. 13. В закрытом положении, показанном на фиг. 13, шток 72 может по меньшей мере частично заходить в перепускной канал 28 и по меньшей мере в одном варианте осуществления может полностью простирается через перепускной канал 28. В открытом положении, как показано на фиг. 14, шток 72 можно перемещать вдоль продольной оси 76 штока 72 таким образом, что шток 72 больше не будет блокировать перепускной канал 28. Как показано на фиг. 14, кончик 84 штока 72 может быть расположен внутри перепускного канала 28 или может быть полностью отведен из перепускного канала 28. Шток 72 может не иметь отверстия 80, а вместо этого возможно использование сплошного штока 72 для блокировки перепускного канала 28. Сплошной шток 72, показанный на фиг. 13 и 14, также можно использовать в варианте осуществления, показанном на фиг. 18-20.

Как показано на фиг. 21-23 и 25, одним или несколькими клапанами 70 можно управлять посредством системы 82 управления положением клапанов. По меньшей мере в одном варианте осуществления конфигурация системы 82 управления положением клапанов обеспечивает управление множеством клапанов 70 одновременно. А если так, то система 82 управления положением клапанов может перемещать множество клапанов 70 между открытым положением, как показано на фиг. 11, и закрытым положением, как показано на фиг. 12, или наоборот, одновременно. Как показано на фиг. 25, система 82 управления положением клапанов может включать в себя кольцо 90 синхронизатора, связанное с каждым из кулачков 74, поддерживающих клапаны 70, посредством коромысел 92 клапанов для управления движением кольца 90 синхронизатора. Когда кольцо 90 синхронизатора поворачивается в окружном направлении вокруг продольной оси газовой турбины 21, коромысло 92 клапана поворачивает кулачок 74, к которому оно прикреплено, тем самым заставляя шток 72 либо подниматься, либо опускаться. Подъем или опускание штока 72 вызывает открывание или закрывание перепускного канала 28. Кольцо 90 синхронизатора, как показано на фиг. 21-23, может иметь любые подходящие форму и размер. Кольцо 90 синхронизатора может образовывать сплошной круг или может быть образовано из частей круга. Положением кольца 90 синхронизатора можно управлять посредством одного или нескольких исполнительных механизмов 94, как показано на фиг. 21 и 22. Исполнительный механизм 94 может быть гидравлическим, пневматическим или другим подходящим устройством. Исполнительный механизм 94 может быть связан со стационарной частью турбинного двигателя, а другой участок исполнительного механизма 94 может быть связан с кольцом 90 синхронизатора.

В другом варианте осуществления, как показано на фиг. 13-24, система 10 активного управления перепускным потоком может включать в себя дозирующее устройство 14, образованное из одного или нескольких клапанов 70, управление которыми осуществляется посредством кольца 90 синхронизатора. Кольцо 90 синхронизатора может включать в себя кулачок 74, соответствующий каждому клапану 70. По меньшей мере в одном варианте осуществления кулачок 74 может быть образован из паза 96,

соответствующего каждому клапану 70. Каждый клапан 70 может иметь коромысло 92 клапана, выступающее из клапана 70 к кольцу синхронизатора. Коромысло 92 клапана может быть прикреплено к головке 78 штока 72, образующего клапан 70, и может простираться до паза 96. Коромысло 92 клапана может удерживаться с  
5 возможностью скольжения внутри паза 96 таким образом, что коромысло 92 клапана может скользить от первого конца 98 ко второму концу 100 паза 96. Паз 96 не проходит по касательной к искривленной средней линии кольца 90 синхронизатора. Вместо этого, паз 96 наклонен, так что он не ортогонален и не параллелен оси 102, касательной к  
10 искривленной средней линии 104 кольца 90 синхронизатора. При такой конфигурации паза 96, система 82 управления положением клапана может перемещать один или несколько клапанов 70 между открытым положением, как показано на фиг. 17 и 20, номинальным положением, как показано на фиг. 16 и 19, и закрытым положением, как  
15 показано на фиг. 15 и 18, или наоборот. Таким образом, поворот кольца 90 синхронизатора заставляет каждый шток 72, связанный с кольцом 90 синхронизатора посредством коромысла 92 клапана, перемещаться радиально внутрь или наружу между  
20 открытым и закрытым положениями, показанными на фиг. 15-20. Коромысло 92 клапана может иметь любые подходящие форму и длину. Конфигурация каждого паза 96 может быть одинаковой, или по меньшей мере в одном варианте осуществления пазы 96 могут быть расположены по-разному для создания желаемого эффекта при потоке газов  
через перепускной канал 28.

По меньшей мере в одном варианте осуществления систему 10 активного управления перепускным потоком можно использовать для управления частью перепускных  
каналов 28, расположенных по окружности вокруг двигателя. Например, но ни в коем  
случае не в смысле ограничения, система 10 активного управления перепускным потоком  
25 может управлять потоком через множество перепускных каналов 28 с любой стороны газовой турбины 21, а не управлять потоком газов через перепускные каналы сверху и снизу газовой турбины 21.

Вышеизложенное представлено в целях иллюстрации, пояснения и описания вариантов осуществления этого изобретения. Специалистам в данной области техники будут  
30 очевидны модификации и адаптации этих вариантов осуществления в рамках объема или существа притязаний этого изобретения.

#### (57) Формула изобретения

1. Система (10) активного управления перепускным потоком для внешнего  
35 балансирующего уплотнения (12), отличающаяся тем, что:  
узел (18) статора расположен вблизи ротора (20) первой ступени, посредством чего канал (16) сжатого воздуха располагается между участком узла (18) статора и валом (23) ротора;  
по меньшей мере одно внешнее балансирующее уплотнение (12) выполнено с  
40 возможностью по меньшей мере сокращения притока части горячих газов в полость (25) охлаждения;  
по меньшей мере одно внешнее балансирующее уплотнение (12) расположено внутри канала (16) сжатого воздуха, по меньшей мере сокращая часть потока сжатого воздуха  
внутри канала (16) сжатого воздуха;  
45 по меньшей мере один перепускной канал (28) продолжается от впуска (40), сообщающегося по текучей среде с каналом (16) сжатого воздуха выше по потоку от по меньшей мере одного внешнего балансирующего уплотнения (12), к выпуску (26), сообщающемуся по текучей среде с каналом (16) сжатого воздуха ниже по потоку от

по меньшей мере одного внешнего балансирующего уплотнения (12); а

по меньшей мере одно дозирующее устройство (14) выполнено с возможностью регулирования для регулирования потока охлаждающих текучих сред через по меньшей мере один перепускной канал (28) для согласования с изменяющимся потоком сжатого воздуха, проходящего мимо по меньшей мере одного внешнего балансирующего уплотнения (12), когда по меньшей мере одно внешнее балансирующее уплотнение (12) изнашивается во время эксплуатации турбинного двигателя.

2. Система (10) активного управления перепускным потоком по п. 1, отличающаяся тем, что по меньшей мере одно дозирующее устройство (14) представляет собой круглое кольцо (22), имеющее по меньшей мере одно продолжающееся через него дозирующее отверстие (24).

3. Система (10) активного управления перепускным потоком по п. 2, отличающаяся тем, что по меньшей мере одно дозирующее устройство (14) расположено на выпуске по меньшей мере одного перепускного канала (28) и выполнено с возможностью регулирования так, что выравнивание по меньшей мере одного дозирующего отверстия (24) с выпуском (26) является регулируемым для изменения площади поперечного сечения проема выровненных участков выпуска (26) по меньшей мере одного перепускного канала (28) и по меньшей мере одного дозирующего отверстия (24) по меньшей мере одного дозирующего устройства (14).

4. Система (10) активного управления перепускным потоком по п. 2, отличающаяся тем, что по меньшей мере одно дозирующее устройство (14) включает множество дозирующих отверстий (24), продолжающихся через по меньшей мере одно дозирующее устройство (14).

5. Система (10) активного управления перепускным потоком по п. 4, отличающаяся тем, что множество дозирующих отверстий (24) расположены эквидистантно друг от друга.

6. Система (10) активного управления перепускным потоком по п. 4, отличающаяся тем, что множество дозирующих отверстий (24) расположены в по меньшей мере одном дозирующем устройстве (14) так, что каждое из дозирующих отверстий (24) выровнено с перепускным каналом (28) в открытом состоянии.

7. Система (10) активного управления перепускным потоком по п. 1, дополнительно отличающаяся тем, что содержит систему (46) управления положением, предназначенную для управления положением по меньшей мере одного дозирующего устройства (14) относительно выпуска (26) по меньшей мере одного перепускного канала (28).

8. Система (10) активного управления перепускным потоком по п. 7, отличающаяся тем, что система (46) управления положением содержит кулачковый регулятор (48), имеющий внутренний паз (50) для приема стойки, которая удерживает по меньшей мере одно дозирующее устройство (14) относительно выпуска (26) по меньшей мере одного перепускного канала (28), причем стойка (52) выполнена с возможностью перемещения в пазу (50) для изменения положения дозирующего устройства (14) относительно выпуска (26) по меньшей мере одного перепускного канала (28).

9. Система (10) активного управления перепускным потоком по п. 7, отличающаяся тем, что система управления положением дополнительно содержит по меньшей мере один управляющий рычаг (54) для изменения выравнивания дозирующего устройства (14) относительно выпуска (26) по меньшей мере одного перепускного канала (28).

10. Система (10) активного управления перепускным потоком по п. 7, отличающаяся тем, что система (46) управления положением дополнительно содержит по меньшей мере один электродвигатель (56), используемый для изменения выравнивания по

меньшей мере одного дозирующего устройства (14) относительно выпуска (26) по меньшей мере одного перепускного канала (28).

5 11. Система (10) активного управления перепускным потоком по п. 10, отличающаяся тем, что система (46) управления положением дополнительно содержит по меньшей мере один датчик (58), выполненный с возможностью измерения величины потока утечки, возникающего в по меньшей мере одном дозирующем устройстве (14).

10 12. Система (10) активного управления перепускным потоком по п. 11, отличающаяся тем, что система (46) управления положением дополнительно содержит контроллер (60) в сообщении с по меньшей мере одним датчиком (58) и с по меньшей мере одним электродвигателем (56), так что контроллер управляет работой по меньшей мере одного электродвигателя (56) для управления выравниванием по меньшей мере одного дозирующего устройства (14) относительно выпуска (26) по меньшей мере одного перепускного канала (28) на основании данных, полученных от по меньшей мере одного датчика (58).

15 13. Система (10) активного управления перепускным потоком по п. 1, отличающаяся тем, что по меньшей мере одно внешнее балансирующее уплотнение (12) представляет собой лабиринтное уплотнение, образованное из множества зубьев (30), уплотняющих полость (62) обода от полости (25) охлаждения.

20 14. Система (10) активного управления перепускным потоком по п. 13, отличающаяся тем, что по меньшей мере одно внешнее балансирующее уплотнение (12) расположено на радиально внутреннем конце (27) полости (62) обода между полостью (62) обода и полостью (25) охлаждения.

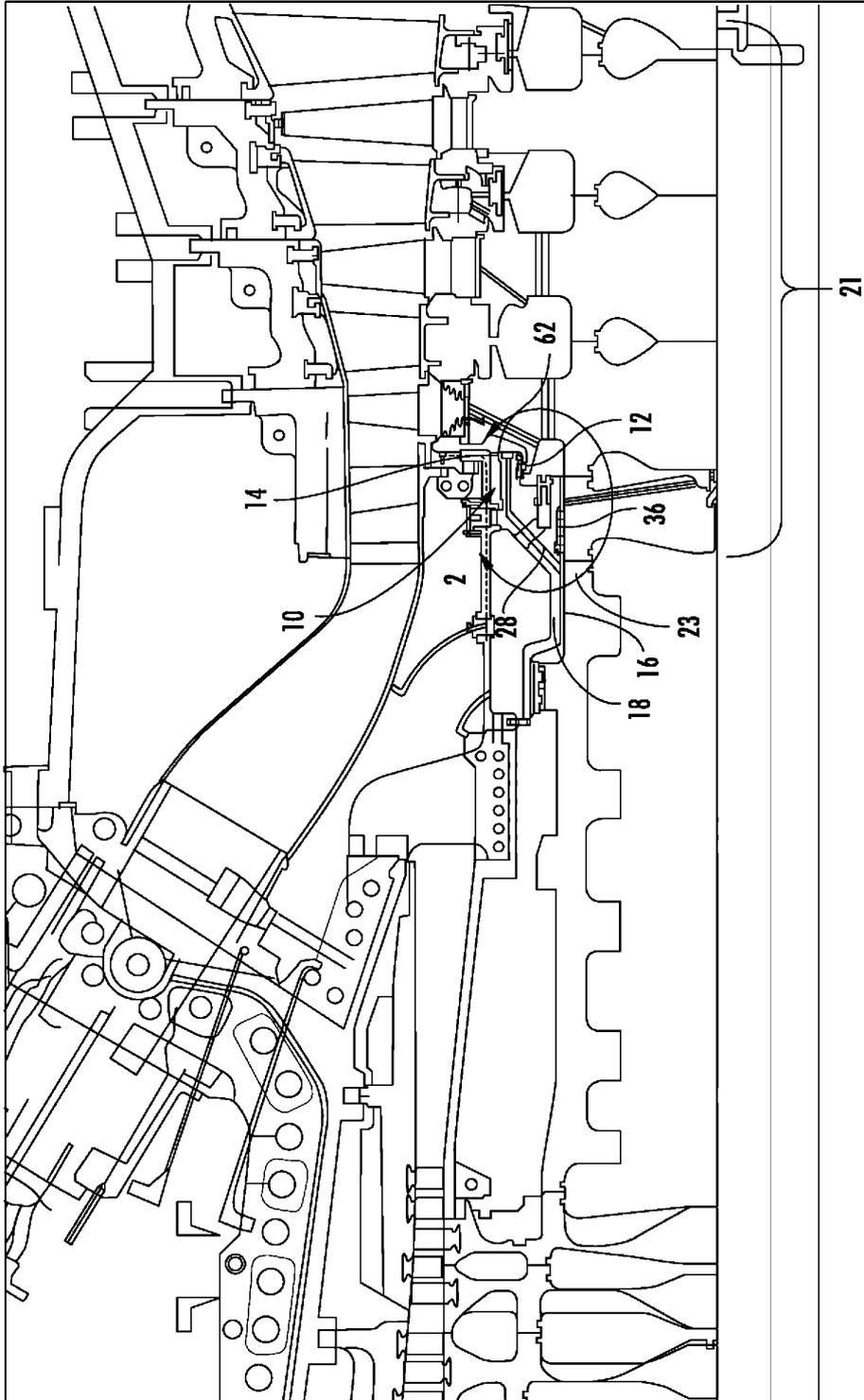
25

30

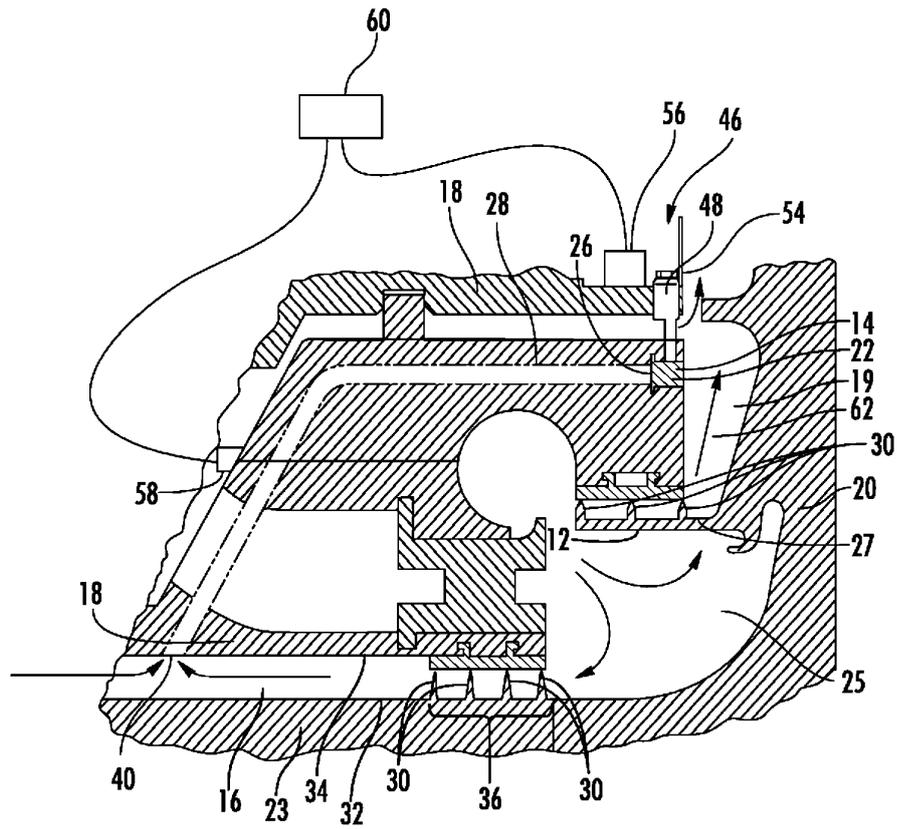
35

40

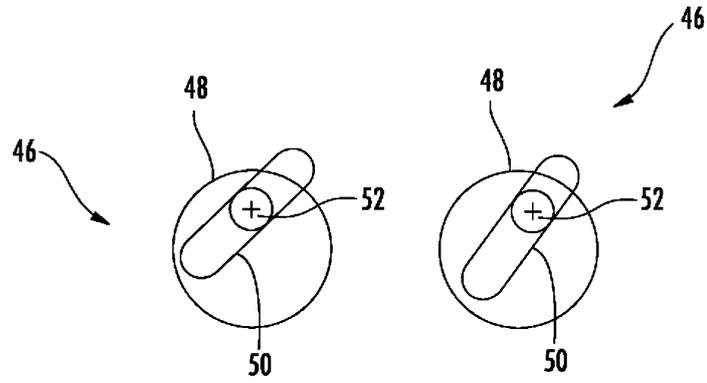
45



Фиг. 1

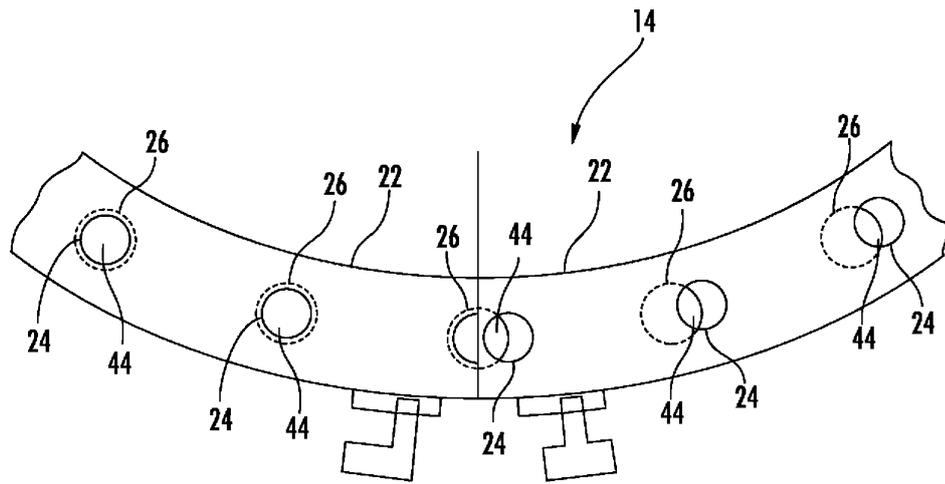


ФИГ. 2

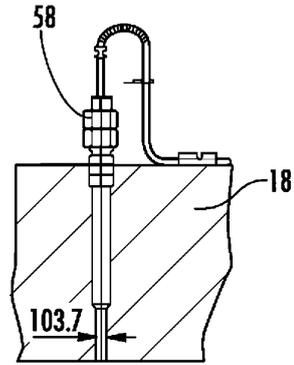


ФИГ. 3

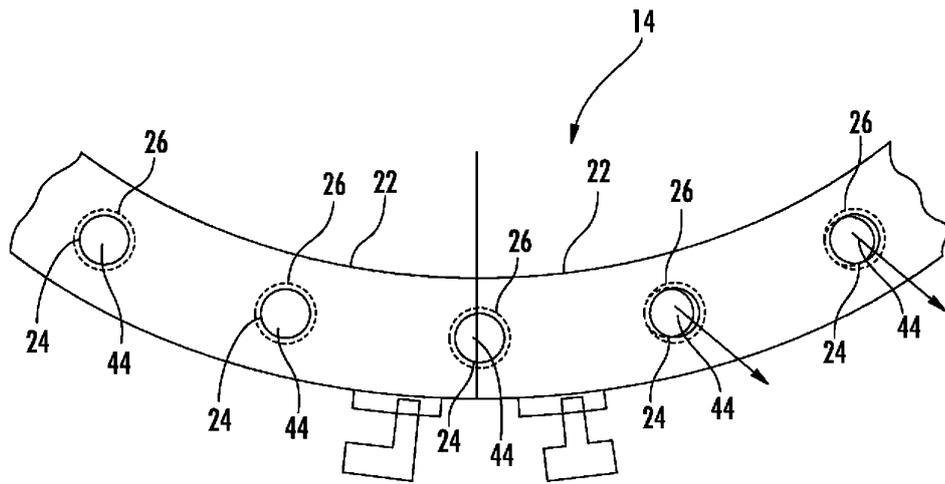
ФИГ. 4



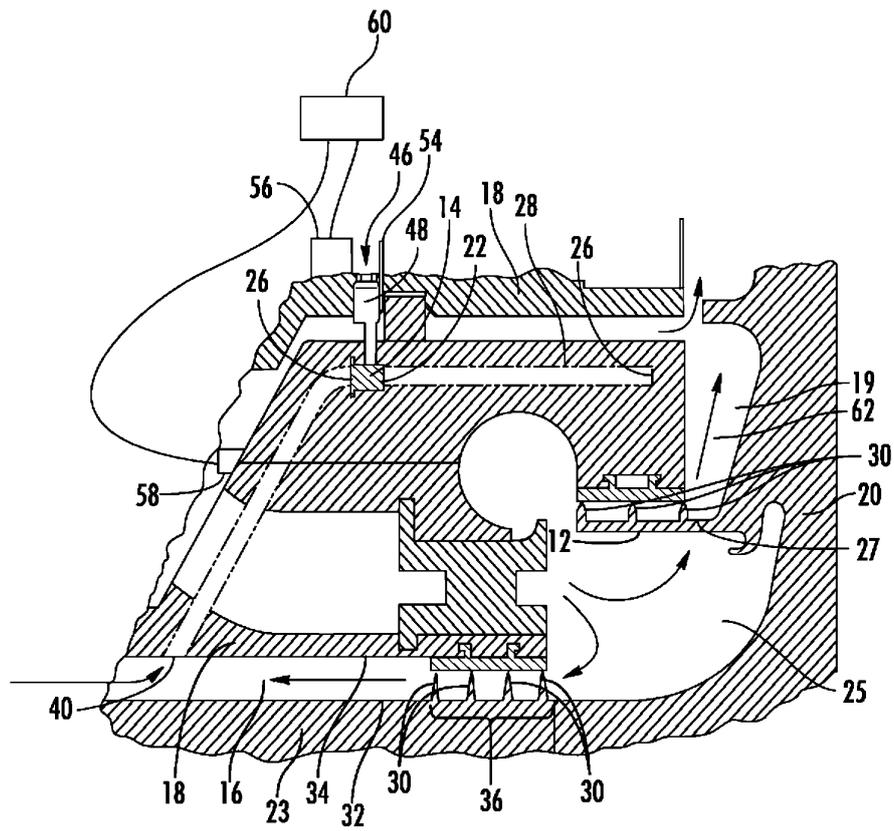
ФИГ. 5



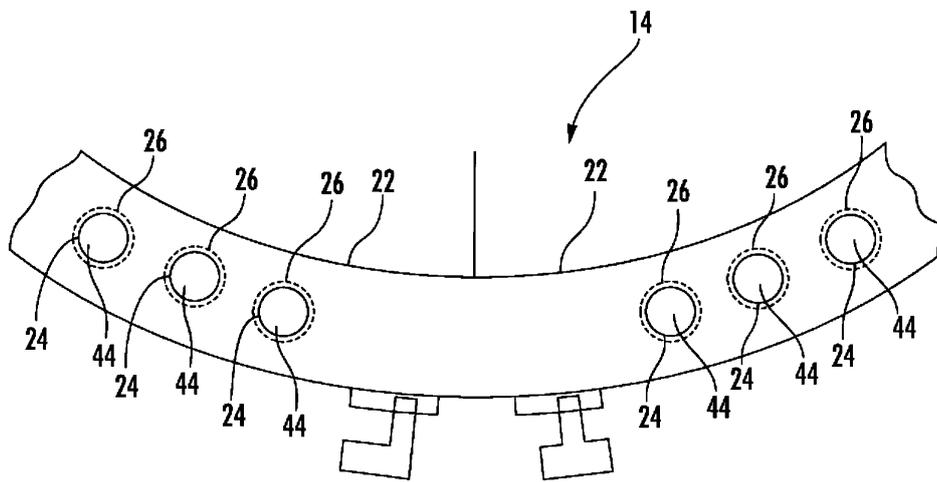
ФИГ. 6



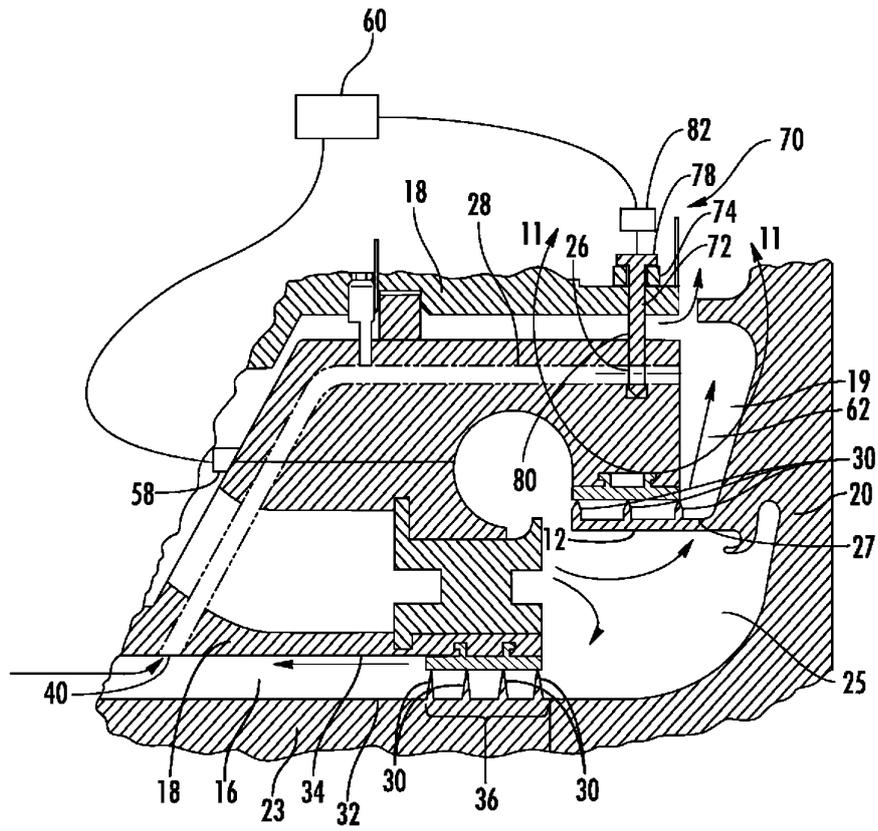
ФИГ. 7



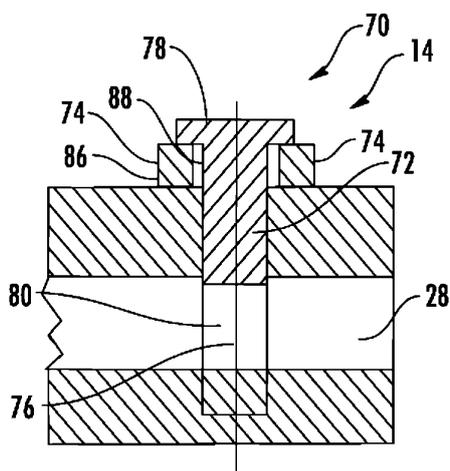
ФИГ. 8



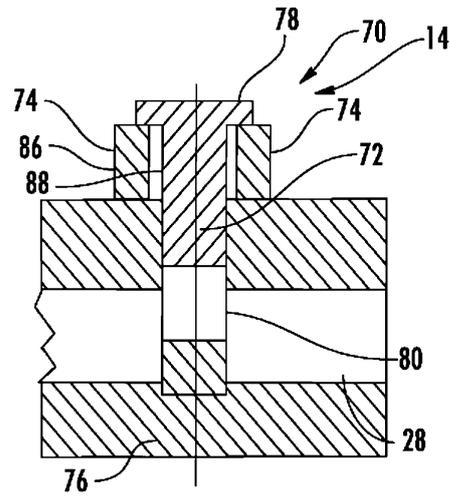
ФИГ. 9



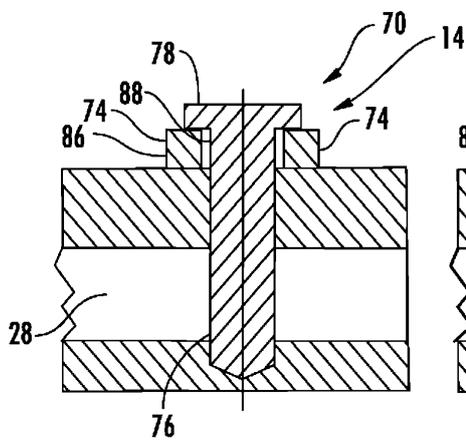
ФИГ. 10



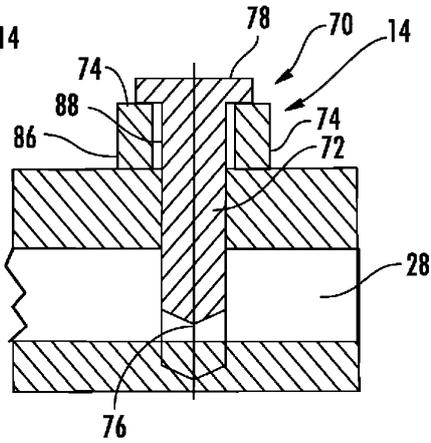
ФИГ. 11



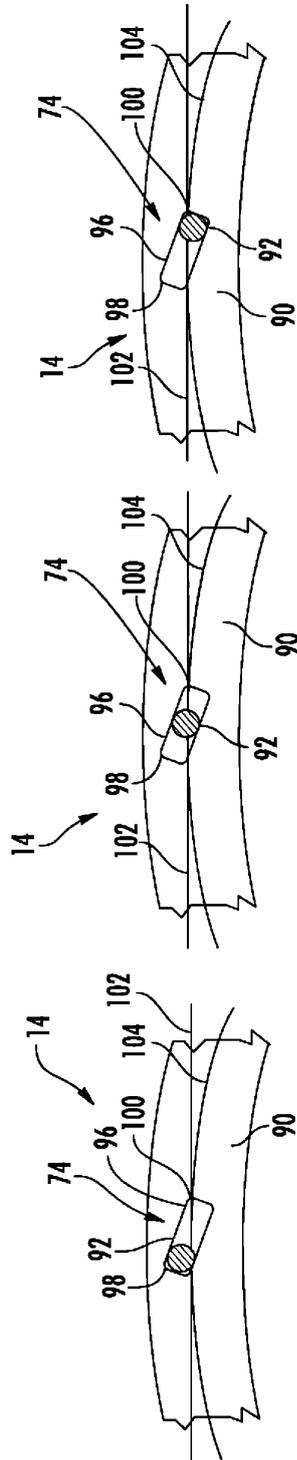
ФИГ. 12



ФИГ. 13



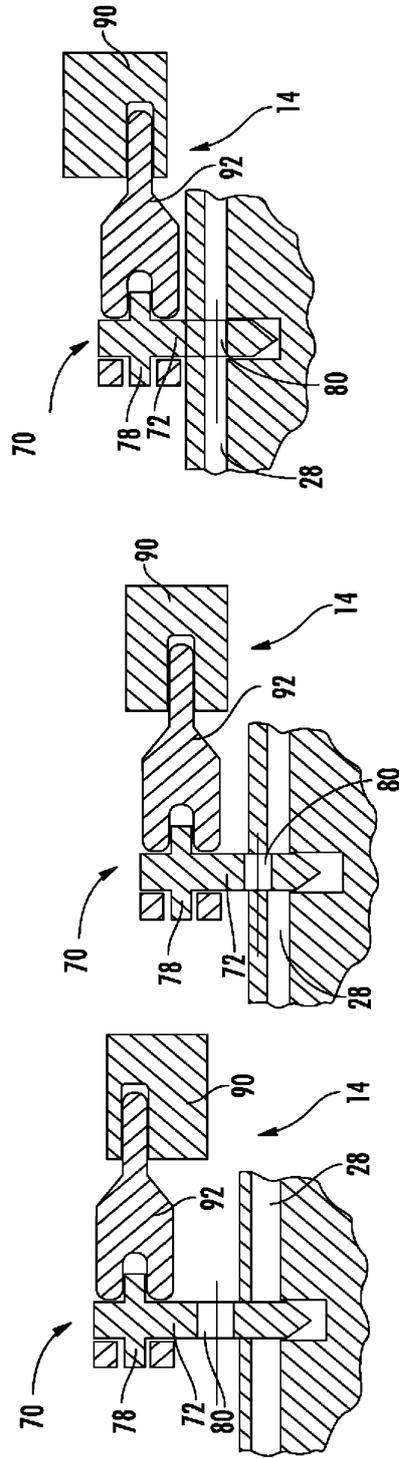
ФИГ. 14



ФИГ. 17

ФИГ. 16

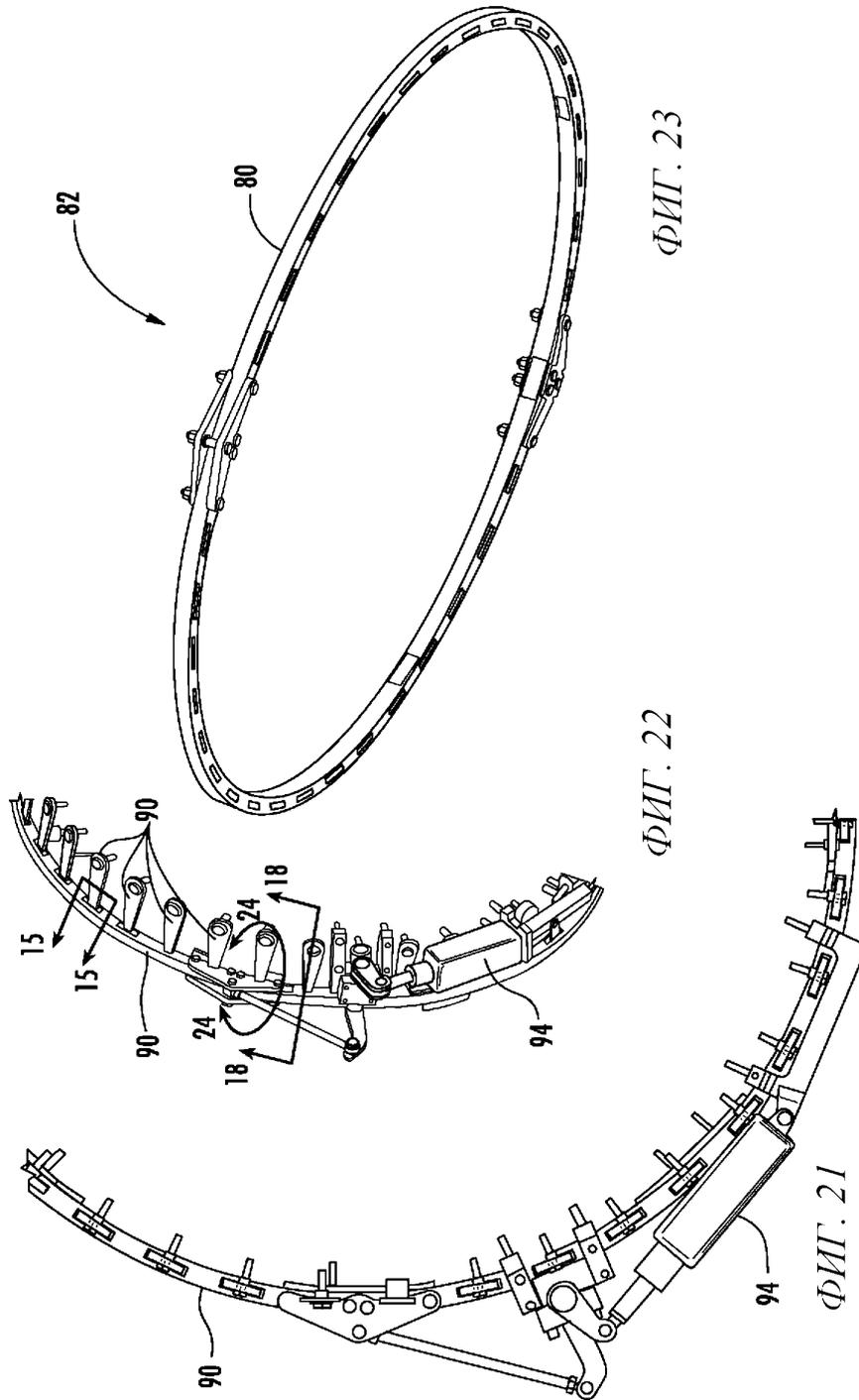
ФИГ. 15

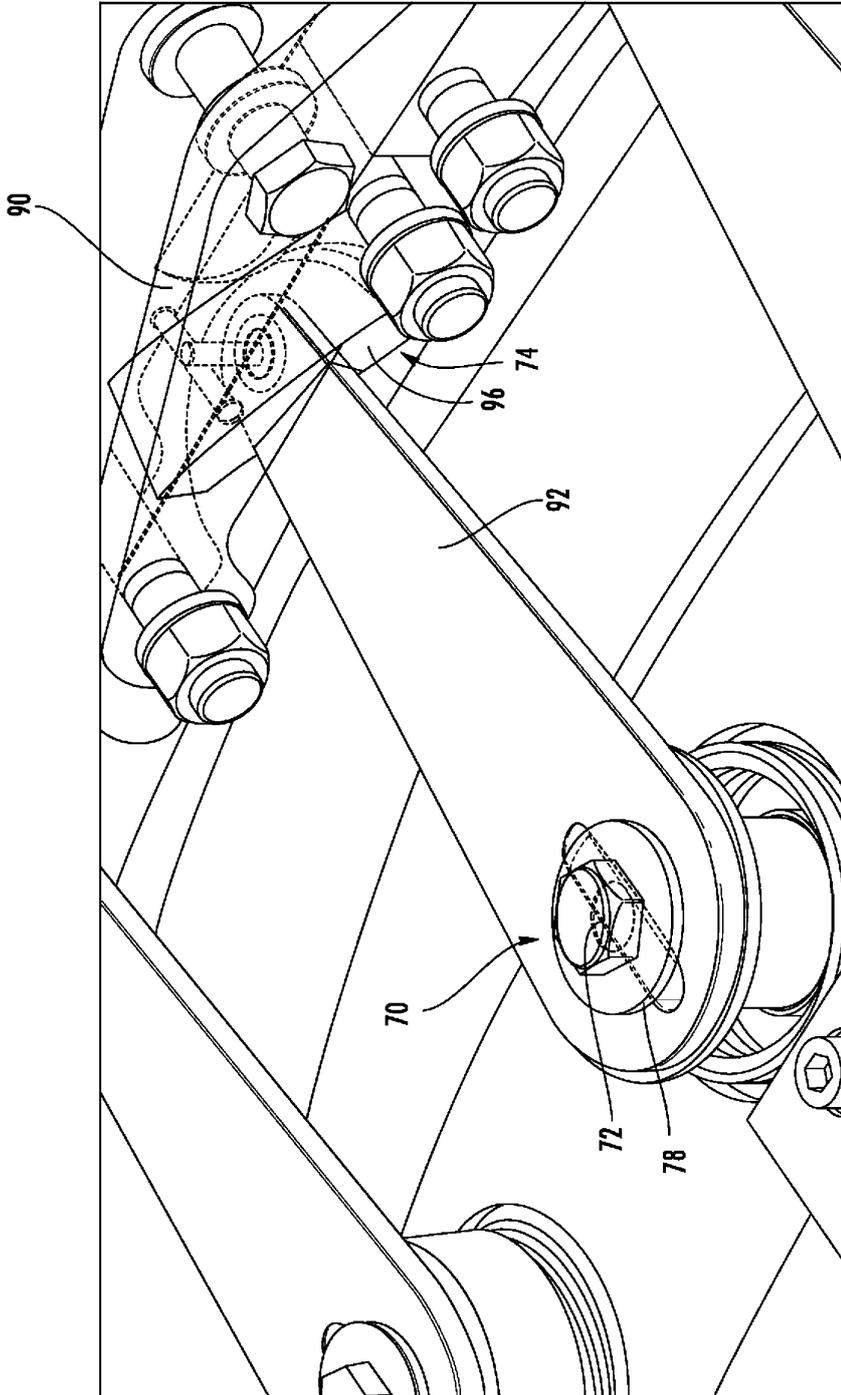


ФИГ. 20

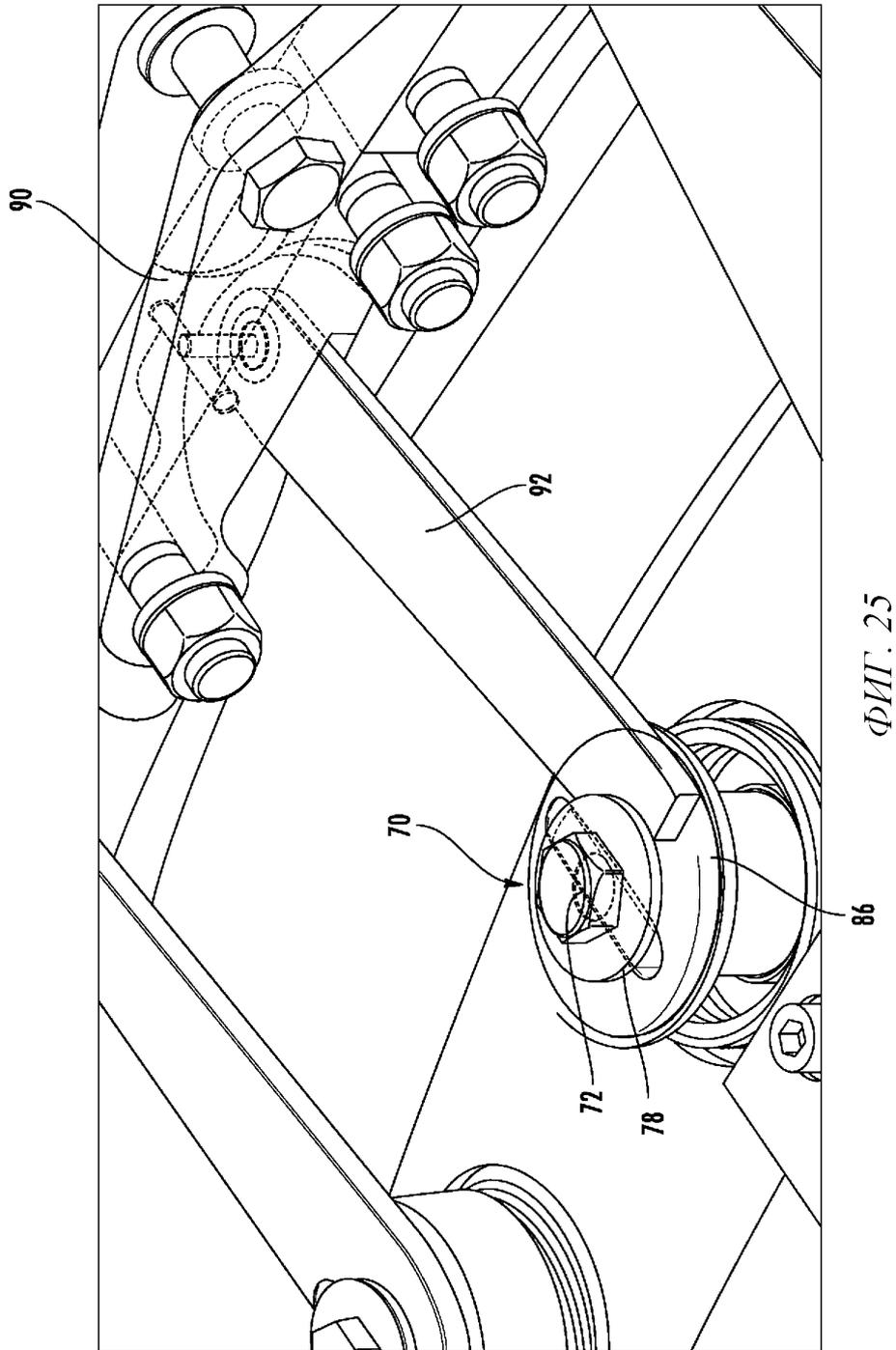
ФИГ. 19

ФИГ. 18





Фиг. 24



Фиг. 25