



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2014134785, 21.01.2013

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
21.01.2013Дата регистрации:  
11.09.2017

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:  
31.01.2012 US 13/363,154;  
02.04.2012 US 61/619,116;  
13.04.2012 US 13/446,194

(43) Дата публикации заявки: 27.03.2016 Бюл. № 9

(45) Опубликовано: 11.09.2017 Бюл. № 26

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на  
национальной фазе: 01.09.2014(86) Заявка РСТ:  
US 2013/022371 (21.01.2013)(87) Публикация заявки РСТ:  
WO 2013/116023 (08.08.2013)Адрес для переписки:  
197101, Санкт-Петербург, а/я 128, "АРС-  
ПАТЕНТ", М.В. Хмара

(72) Автор(ы):

ШВАРЦ Фредерик М. (US),  
СУСЬЮ Габриэль Л. (US),  
КУПРАТИС Даниэль Бернад (US),  
АКЕРМАНН Уильям К. (US)

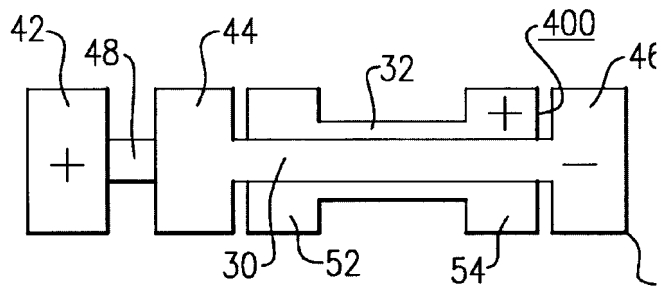
(73) Патентообладатель(и):

ЮНАЙТЕД ТЕКНОЛОДЖИЗ  
КОРПОРЕЙШН (US)(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: US 4809498 А, 07.03.1989. US  
5433674 А, 18.07.1995. RU 2141051 С1,  
10.11.1999. EP 2339146 А1, 29.06.2011.(54) ГАЗОТУРБИННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ С ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ТУРБИННОЙ СЕКЦИЕЙ  
НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ И КОНСТРУКТИВНЫМИ ОСОБЕННОСТЯМИ ОПОР ПОДШИПНИКОВ

(57) Реферат:

Газотурбинный двигатель содержит чрезвычайно высокоскоростную турбину низкого давления, при этом отношение параметра, определяемого произведением площади выходного сечения турбины низкого давления на квадрат скорости вращения турбины низкого давления, к такому же параметру турбины высокого давления составляет от приблизительно

0,5 до приблизительно 1,5. Турбина высокого давления установлена на турбине низкого давления с промежуточной опорой. Достигается повышение коэффициента полезного действия газотурбинного двигателя, особенно при действии эффекта сжимаемости воздуха. 3 н. и 17 з.п. ф-лы, 3 ил.



ФИГ. 2

RU 2630626 C2

RU 2630626 C2



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.  
*F02C 3/107* (2006.01)  
*F02K 3/06* (2006.01)  
*F02C 3/067* (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: **2014134785, 21.01.2013**

(24) Effective date for property rights:  
**21.01.2013**

Registration date:  
**11.09.2017**

Priority:

(30) Convention priority:  
**31.01.2012 US 13/363,154;**  
**02.04.2012 US 61/619,116;**  
**13.04.2012 US 13/446,194**

(43) Application published: **27.03.2016** Bull. № 9

(45) Date of publication: **11.09.2017** Bull. № 26

(85) Commencement of national phase: **01.09.2014**

(86) PCT application:  
**US 2013/022371 (21.01.2013)**

(87) PCT publication:  
**WO 2013/116023 (08.08.2013)**

Mail address:  
**197101, Sankt-Peterburg, a/ya 128, "ARS-PATENT",**  
**M.V. Khmara**

(72) Inventor(s):

**SHVARTS Frederik M. (US),**  
**SUSYU Gabriel L. (US),**  
**KUPRATIS Daniel Bernard (US),**  
**AKERMANN Uilyam K. (US)**

(73) Proprietor(s):

**UNITED TECHNOLOGIES CORPORATION**  
**(US)**

(54) **GAS TURBINE ENGINE WITH HIGH-SPEED TURBINE SECTION OF LOW PRESSURE AND CHARACTERISTIC FEATURES OF SUPPORT OF BEARINGS**

(57) Abstract:

FIELD: engines and pumps.

SUBSTANCE: gas turbine engine contains a very high-speed low-pressure turbine. The ratio of the parameter determined by the product of the low pressure turbine discharge area by the low pressure turbine rotation squared velocity to the same parameter of the

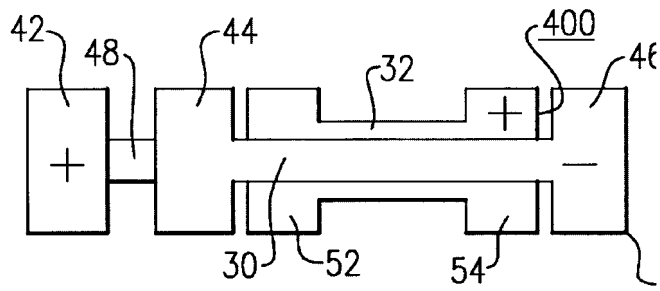
high pressure turbine is approximately from 0.5 to 1.5. The high-pressure turbine is mounted on a low-pressure turbine with an intermediate support.

EFFECT: increased efficiency of the gas turbine engine, especially under the air compressibility effect.

20 cl, 3 dwg

RU 2 630 626 C2

RU 2 630 626 C2



ФИГ. 2

RU 2630626 C2

RU 2630626 C2

Перекрестная ссылка на родственную заявку

[0001] Настоящая заявка испрашивает приоритет согласно предварительной заявке на патент США №61/619,116, поданной 2 апреля 2012 г., и является частичным продолжением заявки на патент США №13/363,154, поданной 31 января 2012 г. и озаглавленной "Газотурбинный двигатель с высокоскоростной турбинной секцией низкого давления".

Уровень техники

[0002] Настоящая заявка относится к газотурбинному двигателю, в котором турбинная секция низкого давления вращается с более высокой скоростью и нагрузкой от центробежных сил относительно скорости и нагрузки от центробежных сил турбинной секции высокого давления, чем в двигателях, известных из уровня техники.

[0003] Газотурбинные двигатели являются известными из уровня техники, в частности, из патента US 4809498. Такие двигатели обычно содержат вентилятор, подающий воздух в компрессорную секцию низкого давления. В компрессорной секции низкого давления воздух сжимается и поступает в компрессорную секцию высокого давления. Из компрессорной секции высокого давления воздух поступает в секцию камеры сгорания, где он смешивается с топливом и воспламеняется. Газообразные продукты этого горения проходят далее в турбинную секцию высокого давления, а затем в турбинную секцию низкого давления.

[0004] Традиционно во многих двигателях, известных из уровня техники, турбинная секция низкого давления непосредственно приводит в действие как компрессорную секцию низкого давления, так и вентилятор. Поскольку потребление топлива оптимизируется при увеличении диаметра вентилятора относительно диаметра внутреннего контура, в промышленности возникла тенденция увеличивать диаметр вентилятора. Однако при увеличении диаметра вентилятора высокая окружная скорость концевой части лопатки вентилятора может вызывать уменьшение коэффициента полезного действия вследствие эффекта сжимаемости воздуха. Соответственно, скорость вращения вентилятора и, следовательно, скорость вращения компрессорной секции низкого давления и турбинной секции низкого давления (обе из которых традиционно соединяются с вентилятором при помощи каскада низкого давления) являются конструктивным ограничением. Позднее было предложено устанавливать понижающие редукторы между контуром низкого давления (образованным компрессорной секцией низкого давления и турбинной секцией низкого давления) и вентилятором. Таким образом, задача и технический результат настоящего изобретения заключаются в повышении коэффициента полезного действия газотурбинного двигателя, особенно при действии эффекта сжимаемости воздуха.

Сущность изобретения

[0005] В характерном варианте осуществления турбинная секция газотурбинного двигателя содержит турбинную секцию привода вентилятора и вторую турбинную секцию. Турбинная секция привода вентилятора имеет первую площадь выходного сечения в первой точке выхода и вращается с первой скоростью. Вторая турбинная секция имеет вторую площадь выходного сечения во второй точке выхода и вращается со второй скоростью, которая превышает первую скорость. Первый характеризующий параметр определяется как произведение квадрата скорости турбины привода вентилятора и площади выходного сечения турбины привода вентилятора. Вторым характеризующим параметром определяется как произведение квадрата второй скорости и второй площади выходного сечения. Отношение первого характеризующего параметра ко второму характеризующему параметру составляет от приблизительно 0,5 до

приблизительно 1,5. Вторая секция турбины приводит во вращение вал, установленный на подшипнике. Этот же подшипник установлен на наружной периферии второго вала, который приводится во вращение турбинной секцией привода вентилятора

5 [0006] В другом варианте осуществления согласно предыдущему варианту осуществления, указанное отношение больше или равно приблизительно 0,8.

[0007] В другом варианте осуществления согласно любому из предыдущих вариантов осуществления, турбинная секция привода вентилятора содержит по меньшей мере 3 ступени.

10 [0008] В другом варианте осуществления согласно любому из предыдущих вариантов осуществления, турбинная секция привода вентилятора содержит вплоть до 6 ступеней.

[0009] В другом варианте осуществления согласно любому из предыдущих вариантов осуществления, вторая турбинная секция содержит 2 или менее ступеней.

15 [0010] В другом варианте осуществления согласно любому из предыдущих вариантов осуществления, коэффициент расширения в первой турбинной секции привода вентилятора больше, чем приблизительно 5:1.

[0011] В другом варианте осуществления согласно любому из предыдущих вариантов осуществления, вал второй турбины опирается на подшипник на наружной периферии вала турбины привода вентилятора, который, в свою очередь, опирается на подшипник, установленный на неподвижной конструкции.

20 [0012] В другом варианте осуществления согласно любому из предыдущих вариантов осуществления, турбинная секция привода вентилятора и вторая турбинная секция вращаются в противоположных направлениях.

25 [0013] В другом варианте осуществления согласно любому из предыдущих вариантов осуществления между турбинной секцией привода вентилятора и второй турбинной секцией отсутствует промежуточная силовая рама.

[0014] В другом характерном варианте осуществления, газотурбинный двигатель содержит вентилятор, компрессорную секцию, сообщающуюся по текучей среде с вентилятором, секцию камеры сгорания, сообщающуюся по текучей среде с компрессорной секцией, и турбинную секцию, сообщающуюся по текучей среде с секцией камеры сгорания. Турбинная секция содержит турбинную секцию привода вентилятора и вторую турбинную секцию. Турбинная секция привода вентилятора имеет первую площадь выходного сечения в первой точке выхода и вращается с первой скоростью. Вторая турбинная секция имеет вторую площадь выходного сечения во второй точке выхода и вращается со второй скоростью, которая превышает первую скорость. Первый характеризующий параметр определяется как произведение квадрата скорости турбины привода вентилятора и площади сечения турбины привода вентилятора. Вторым характеризующим параметром определяется как произведение квадрата скорости второй турбины и площади сечения второй турбины. Отношение первого характеризующего параметра ко второму характеризующему параметру составляет от приблизительно 30 0,5 до приблизительно 1,5. Вторая турбинная секция приводит во вращение вал, установленный на подшипнике. Этот же подшипник установлен на наружной периферии второго вала, который приводится во вращение указанной турбинной секцией привода вентилятора.

45 [0015] В другом варианте осуществления согласно предыдущему варианту осуществления, указанное отношение больше или равно приблизительно 0,8.

[0016] В другом варианте осуществления согласно любому из предыдущих вариантов осуществления, компрессорная секция содержит первую и вторую компрессорные секции. Турбинная секция привода вентилятора и первая компрессорная секция

выполнены с возможностью вращения в первом направлении. Вторая турбинная секция и вторая компрессорная секция выполнены с возможностью вращения во втором направлении, противоположном первому.

5 [0017] В другом варианте осуществления согласно любому из предыдущих вариантов осуществления, предусмотрен понижающий редуктор между вентилятором и каскадом низкого давления, который приводится в действие турбинной секцией привода вентилятора, поэтому вентилятор имеет возможность вращения с более низкой скоростью, чем скорость турбинной секции привода вентилятора.

10 [0018] В другом варианте осуществления согласно любому из предыдущих вариантов осуществления, вентилятор вращается во втором направлении, противоположном первому направлению.

[0019] В другом варианте осуществления согласно любому из предыдущих вариантов осуществления, вал второй турбины опирается на подшипник на наружной периферии вала первой турбины, который, в свою очередь, опирается задним концом или возле 15 заднего конца на другой подшипник, установленный на неподвижной конструкции.

[0020] В другом варианте осуществления согласно любому из предыдущих вариантов осуществления, третий подшипник поддерживает вторую компрессорную секцию на наружной периферии вала, приводимого во вращение второй турбинной секцией.

20 [0021] В другом варианте осуществления согласно любому из предыдущих вариантов осуществления, четвертый подшипник расположен рядом с первой компрессорной секцией и поддерживает наружную периферию каскада, который выполнен с возможностью вращения с турбинной секцией привода вентилятора.

[0022] В другом варианте осуществления согласно любому из предыдущих вариантов осуществления, между первой и второй турбинными секциями не предусмотрена 25 промежуточная силовая рама.

[0023] В другом характерном варианте осуществления газотурбинный двигатель содержит вентилятор, компрессорную секцию, сообщающуюся по текучей среде с вентилятором, секцию камеры сгорания, сообщающуюся по текучей среде с компрессорной секцией, и турбинную секцию, сообщающуюся по текучей среде с секцией 30 камеры сгорания. Турбинная секция содержит турбинную секцию привода вентилятора и вторую турбинную секцию. Турбинная секция привода вентилятора имеет первую площадь выходного сечения в первой точке выхода и вращается с первой скоростью. Вторая турбинная секция имеет вторую площадь выходного сечения во второй точке выхода и вращается со второй скоростью, которая превышает первую скорость. Первый характеризующий параметр определяется как произведение квадрата первой скорости и первой площади. Вторым характеризующим параметром определяется как произведение 35 квадрата второй скорости и второй площади. Отношение первого характеризующего параметра ко второму характеризующему параметру составляет от приблизительно 0,5 до приблизительно 1,5. Компрессорная секция содержит первую и вторую компрессорные секции. Турбинная секция привода вентилятора и первая компрессорная 40 секция вращаются в первом направлении, а вторая турбинная секция и вторая компрессорная секция вращаются во втором направлении, противоположном первому. Между вентилятором и первой компрессорной секцией предусмотрен понижающий редуктор, поэтому вентилятор вращается с более низкой скоростью, чем турбинная секция привода вентилятора, и во втором направлении, противоположном первому.

[0024] В другом варианте осуществления согласно предыдущему варианту осуществления, передаточное отношение понижающего редуктора составляет больше, чем приблизительно 2,3.

[0025] Эти и другие характеристики настоящего изобретения станут более понятными из следующего описания и представленных чертежей, краткое описание которых приведено ниже.

Краткое описание чертежей

5 [0026] На фиг. 1 изображен газотурбинный двигатель.

[0027] На фиг. 2 схематически изображено расположение каскадов низкого и высокого давления и привода вентилятора.

[0028] На фиг. 3 схематически изображена компоновка двигателя, показанного на фиг. 1 и 2.

10 Подробное раскрытие изобретения

[0029] На фиг. 1 схематически показан газотурбинный двигатель 20. Газотурбинный двигатель 20 представлен здесь в виде двухтурбинного турбовентиляторного двигателя, который в общем случае содержит вентиляторную секцию 22, компрессорную секцию 24, секцию 26 камеры сгорания и турбинную секцию 28. Альтернативные двигатели  
15 могут содержать секцию форсажной камеры (не показана) наряду с другими системами или компонентами. Вентиляторная секция 22 нагнетает воздух в наружный контур В, в то время как компрессорная секция 24 нагнетает воздух во внутренний контур С для сжатия и подачи в секцию 26 камеры сгорания с последующим расширением в турбинной секции 28. В раскрытом неограничительном примере осуществления показан  
20 турбовентиляторный газотурбинный двигатель, однако, следует понимать, что раскрытые здесь концепции не ограничены применением с турбовентиляторными двигателями, поскольку изложенное в настоящем документе может быть использовано для других типов турбинных двигателей, включая трехтурбинные конструкции.

[0030] Двигатель 20 обычно содержит низкоскоростной каскад 30 и высокоскоростной  
25 каскад 32, которые установлены для вращения вокруг центральной продольной оси А двигателя относительно неподвижной конструкции 36 двигателя при помощи нескольких систем 38 подшипников. При этом следует понимать, что, альтернативно или дополнительно, на различных участках могут быть установлены различные системы 38 подшипников.

30 [0031] Низкоскоростной каскад 30 обычно содержит внутренний вал 40, который соединяет вентилятор 42, компрессорную секцию 44 низкого давления (или первую компрессорную секцию) и турбинную секцию 46 низкого давления (или первую турбинную секцию). Следует отметить, что турбинная секция 46 называется также турбинной секцией привода вентилятора. Внутренний вал 40 соединяется с вентилятором  
35 42 при помощи редуктора 48, который приводит во вращение вентилятор 42 с более низкой скоростью, чем скорость вращения турбины 46 привода вентилятора. Высокоскоростной каскад 32 содержит наружный вал 50, который соединяет компрессорную секцию 52 высокого давления (или вторую компрессорную секцию) и турбинную секцию 54 высокого давления (или вторую турбинную секцию). Между  
40 компрессорной секцией 52 высокого давления и турбинной секцией 54 высокого давления находится камера 56 сгорания. В настоящем документе подразумевается, что турбинная секция высокого давления испытывает более высокое давление, чем турбинная секция низкого давления. Турбинная секция низкого давления представляет собой секцию, которая приводит во вращение вентилятор 42. Внутренний вал 40 и наружный вал 50  
45 установлены концентрично и вращаются при помощи систем 38 подшипников вокруг центральной продольной оси А двигателя, которая является коллинеарной их продольным осям. Каскады высокого и низкого давления могут вращаться в одном направлении или в противоположных направлениях.



[0032] Поток воздуха внутреннего контура С сжимается компрессорной секцией 44 низкого давления, затем - компрессорной секцией 52 высокого давления, смешивается с топливом и сжигается в камере 56 сгорания, а затем расширяется в турбинной секции 54 высокого давления и турбинной секции 46 низкого давления.

5 [0033] Двигатель 20 в одном из примеров представляет собой редукторный авиационный двигатель с высокой степенью двухконтурности. Степень двухконтурности представляет собой отношение объема воздуха, поступающего в наружный контур В, к объему воздуха, поступающего во внутренний контур С. В другом примере степень двухконтурности двигателя 20 является большей, чем приблизительно шесть (6),  
10 например, больше, чем десять (10), редуктор 48 представляет собой эпициклическую зубчатую передачу, в частности, планетарную зубчатую передачу или другую зубчатую передачу с понижающим передаточным числом, большим, чем приблизительно 2,3, а турбинная секция 46 низкого давления имеет коэффициент расширения, превышающий приблизительно 5. В одном раскрытом варианте осуществления степень  
15 двухконтурности двигателя 20 больше, чем приблизительно десять (10:1), диаметр вентилятора значительно превышает диаметр компрессорной секции 44 низкого давления, а турбинная секция 46 низкого давления имеет коэффициент расширения, составляющий больше, чем приблизительно 5:1. В некоторых вариантах осуществления турбинная секция высокого давления может иметь две или менее ступеней. В отличие  
20 от этого турбинная секция 46 низкого давления в некоторых вариантах осуществления имеет от 3 до 6 ступеней. Коэффициент расширения турбинной секции 46 низкого давления представляет собой отношение полного давления, измеренного перед входом турбинной секции 46 низкого давления, к полному давлению на выходе турбинной секции 46 низкого давления перед выходным соплом. Редуктор 48 может представлять  
25 собой эпициклическую зубчатую передачу, в частности, планетарную зубчатую передачу или другую зубчатую передачу с понижающим передаточным числом, превышающим приблизительно 2,5:1. Однако следует понимать, что вышеуказанные параметры приведены только в качестве иллюстрации одного примера осуществления редукторного двигателя.

30 [0034] Значительная величина тяги обеспечивается потоком В наружного контура, благодаря высокой степени двухконтурности. Вентиляторная секция 22 двигателя 20 рассчитана на определенный режим полета - обычно крейсерский режим со скоростью приблизительно 0,8 Маха на высоте до приблизительно 35000 футов. Режим полета при 0,8 Маха и 35000 футах с оптимальным потреблением топлива двигателем - также  
35 известен как «крейсерский полет с минимальным удельным расходом топлива по тяге» (TSFC, от англ. Thrust Specific Fuel Consumption). TSFC представляет собой промышленный стандартный параметр, соответствующий отношению массы сжигаемого в час топлива, выраженной в фунтах массы, к тяге, развиваемой двигателем в этом режиме полета, выраженной в фунтах-сила. «Минимальная степень повышения давления в вентиляторе» представляет собой отношение давлений только на лопатке вентилятора перед выходными направляющими лопатками вентилятора. Минимальная степень  
40 повышения давления в вентиляторе согласно одному раскрытому в настоящем описании неограниченному варианту осуществления составляет менее, чем приблизительно 1,45. «Минимальная приведенная окружная скорость лопатки вентилятора» представляет собой фактическую окружную скорость лопатки вентилятора в фут/сек, деленную на промышленную стандартную температурную поправку [ $(T_{\text{набегающего воздушного потока}} / 518,7)^{0,5}$ ]. «Минимальная приведенная окружная скорость лопатки вентилятора» согласно раскрытому в настоящем документе одному неограничиваемому варианту

осуществления составляет менее чем приблизительно 1150 фут/сек. При этом вентилятор 42 может иметь 26 или менее лопаток.

[0035] Площадь выходного сечения 400, показанная на фиг. 1 и фиг. 2, на выходе турбинной секции 54 высокого давления, представляет собой площадь кольца, образованного последней лопаткой турбинной секции 54. Площадь выходного сечения турбинной секции низкого давления определяется на выходе 401 турбинной секции низкого давления и представляет собой площадь кольца, образованного последней лопаткой этой турбинной секции 46. Как показано на фиг. 2, газотурбинный двигатель 20 может представлять собой двигатель с противовращением. Это означает, что турбинная секция 46 низкого давления и компрессорная секция 44 низкого давления вращаются в одном направлении ("-"), в то время как каскад 32 высокого давления, содержащий турбинную секцию 54 высокого давления и компрессорную секцию 52 высокого давления, вращается в противоположном направлении ("+" ). Редуктор 48, который может представлять собой, например, эпициклическую передачу (в частности, с солнечной, кольцевой и звездчатой шестернями), выбирается таким образом, чтобы вентилятор 42 вращался в том же самом направлении ("+" ), что и каскад 32 высокого давления. С такой конструкцией, а также с другими вышеуказанными конструкциями, включающими различные количественные параметры и эксплуатационные диапазоны, можно получить очень высокую скорость вращения контура низкого давления. Работу турбинной секции низкого давления и турбинной секции высокого давления часто оценивают, исходя из характеризующего параметра, который представляет собой произведение площади выходного сечения турбинной секции на квадрат соответствующей скорости. Этот характеризующий параметр (PQ, от англ. performance quantity,) определяется следующим образом:

$$\text{Уравнение 1: } PQ_{ltp} = (A_{lpt} \times V_{lpt}^2)$$

$$\text{Уравнение 2: } PQ_{hpt} = (A_{hpt} \times V_{hpt}^2)$$

где  $A_{lpt}$  - площадь турбинной секции низкого давления на выходе из нее (например, в 401),  $V_{lpt}$  - скорость турбинной секции низкого давления,  $A_{hpt}$  - площадь турбинной секции высокого давления на выходе из нее (например, в 400), а  $V_{hpt}$  - скорость турбинной секции низкого давления.

[0036] При этом отношение характеризующего параметра турбинной секции низкого давления к характеризующему параметру турбинной секции высокого давления составляет:

$$\text{Уравнение 3: } (A_{lpt} \times V_{lpt}^2) / (A_{hpt} \times V_{hpt}^2) = PQ_{ltp} / PQ_{hpt}$$

В одном примере осуществления турбины, выполненном согласно вышеуказанной конструкции, площади турбинных секций низкого и высокого давления составляют 557,9 дюйм<sup>2</sup> и 90,67 дюйм<sup>2</sup>, соответственно. Далее, скорости турбинных секций низкого и высокого давления составляют 10179 об/мин и 24346 об/мин, соответственно. Таким образом, используя вышеуказанные Уравнения 1 и 2, можно рассчитать характеризующие параметры турбинных секций низкого и высокого давления:

$$\text{Формула 1: } PQ_{ltp} = (A_{lpt} \times V_{lpt}^2) = (557,9 \text{ дюйм}^2)(10179 \text{ об/мин})^2 = 57805157673,9 \text{ дюйм}^2 \text{ (об/мин)}^2$$

$$\text{Формула 2: } PQ_{hpt} = (A_{hpt} \times V_{hpt}^2) = (90,67 \text{ дюйм}^2)(24346 \text{ об/мин})^2 = 53742622009,72 \text{ дюйм}^2 \text{ (об/мин)}^2,$$

а используя вышеприведенную Уравнение 3, можно рассчитать указанное отношение для турбинной секции низкого давления и турбинной секции высокого давления:

$$\text{Отношение} = \frac{PQ_{\text{лтп}}}{PQ_{\text{лтп}}} = \frac{57805157673,9 \text{ дюйм}^2 (\text{об/мин})^2}{53742622009,72 \text{ дюйм}^2 (\text{об/мин})^2} = 1,075$$

[0037] В другом варианте осуществления указанное отношение составляет приблизительно 0,5, а в следующем варианте осуществления - приблизительно 1,5. При отношениях  $PQ_{\text{лтп}}/PQ_{\text{лтп}}$  в пределах от 0,5 до 1,5 обеспечивается высокоэффективный газотурбинный двигатель. Точнее, отношения  $PQ_{\text{лтп}}/PQ_{\text{лтп}}$ , большие или равные приблизительно 0,8, являются более эффективными. Еще точнее, отношения  $PQ_{\text{лтп}}/PQ_{\text{лтп}}$ , большие или равные 1,0, являются еще более эффективными. Благодаря таким отношениям  $PQ_{\text{лтп}}/PQ_{\text{лтп}}$  можно, в частности, уменьшить размеры, как диаметра, так и осевой длины турбинной секции. Кроме того, в большой степени увеличивается коэффициент полезного действия всего двигателя.

[0038] Такая конструкция обеспечивает также усовершенствование компрессорной секции низкого давления, которая функционирует скорее как компрессорная секция высокого давления, чем как традиционная компрессорная секция низкого давления. Она является более эффективной и может обеспечивать большее повышение давления при меньшем числе ступеней. Компрессорная секция низкого давления может иметь меньший радиус и меньшую длину, внося больший вклад в обеспечение проектной величины суммарного перепада давления в двигателе.

[0039] Как показано на фиг. 3, двигатель, представленный на фиг. 2, может быть установлен таким образом, чтобы турбина 54 высокого давления была установлена на «комбинированном» подшипнике. Как показано на чертеже, каскад высокого давления и вал 32 содержит подшипник 112, который поддерживает турбину 54 высокого давления и каскад 32 высокого давления на наружной периферии вала 30 каскада низкого давления. Передний конец каскада 32 высокого давления поддерживается подшипником 110 на наружной периферии вала 32. Подшипник 110 опирается на неподвижную конструкцию 108, соединенную со всеми корпусами в двигателе, чтобы получить внутренний контур двигателя, как показано на фиг. 1. Кроме того, вал 30 передним концом опирается на подшипник 100. Подшипник 100 опирается на неподвижную конструкцию 102. Задний конец вала 30 опирается на подшипник 106, который прикреплен к неподвижной конструкции 104.

[0040] В такой конструкции отсутствуют несущие опорные стойки или другие элементы на пути горячих продуктов сгорания, проходящих из секции камеры сгорания в турбину 54 высокого давления, а также отсутствуют опорные стойки с отсеками подшипников на пути продуктов сгорания, проходящих в турбину 46 низкого давления. Иными словами, подшипник 112 и связанный с ним узел крепления расположены радиально внутри относительно втулок 106 и 108, соединенных с турбинными секциями 54 и 46.

[0041] Как показано на чертеже, промежуточная силовая рама на участке 402 между турбинными секциями 54 и 46 отсутствует.

[0042] Настоящее изобретение раскрыто со ссылками на один вариант осуществления, однако, следует понимать, что определенные модификации могут быть внесены в него в пределах объема данного изобретения. По этой причине следует изучить прилагаемую формулу изобретения, чтобы определить действительный объем и содержание данного изобретения.

## (57) Формула изобретения

1. Турбинная секция газотурбинного двигателя, содержащая:

турбинную секцию привода вентилятора и

вторую турбинную секцию,

при этом указанная турбинная секция привода вентилятора имеет первую площадь выходного сечения и выполнена с возможностью вращения с первой скоростью,

при этом указанная вторая турбинная секция имеет вторую площадь выходного сечения и выполнена с возможностью вращения со второй скоростью, которая

превышает первую скорость,

при этом первый характеризующий параметр определен как произведение квадрата первой скорости и первой площади,

при этом второй характеризующий параметр определен как произведение квадрата второй скорости и второй площади;

при этом отношение первого характеризующего параметра ко второму характеризующему параметру составляет от 0,5 до 1,5; и

указанная вторая турбинная секция обеспечивает приведение во вращение первого вала, опирающегося на подшипник, при этом указанный подшипник установлен на наружной периферии второго вала, приводимого во вращение указанной турбинной секцией привода вентилятора.

2. Турбинная секция по п. 1, в которой указанное отношение больше или равно 0,8.

3. Турбинная секция по п. 1, в которой указанная турбинная секция привода вентилятора содержит по меньшей мере три ступени.

4. Турбинная секция по п. 1, в которой указанная турбинная секция привода вентилятора содержит вплоть до шести ступеней.

5. Турбинная секция по п. 1, в которой указанная вторая турбинная секция содержит две или менее ступеней.

6. Турбинная секция по п. 1, в которой коэффициент расширения в турбинной секции привода вентилятора составляет более чем 5:1.

7. Турбинная секция по п. 1, в которой указанный первый вал наружной периферией опирается на второй подшипник, при этом указанный второй подшипник установлен на неподвижной конструкции.

8. Турбинная секция по п. 1, в которой указанные турбинная секция привода вентилятора и вторая турбинная секция выполнены с возможностью вращения в противоположных направлениях.

9. Турбинная секция по п. 1, в которой между указанными турбинной секцией привода вентилятора и второй турбинной секцией отсутствует несущая конструкция для подшипников.

10. Газотурбинный двигатель, содержащий:

вентилятор;

компрессорную секцию, сообщаемую по текучей среде с вентилятором;

секцию камеры сгорания, сообщаемую по текучей среде с компрессорной секцией;

турбинную секцию, сообщаемую по текучей среде с секцией камеры сгорания,

при этом турбинная секция содержит турбинную секцию привода вентилятора и

вторую турбинную секцию,

при этом указанная турбинная секция привода вентилятора имеет первую площадь выходного сечения и выполнена с возможностью вращения с первой скоростью,

при этом указанная вторая турбинная секция имеет вторую площадь выходного

сечения и выполнена с возможностью вращения со второй скоростью, которая превышает первую скорость,

при этом первый характеризующий параметр определен как произведение квадрата первой скорости и первой площади,

5 при этом второй характеризующий параметр определен как произведение квадрата второй скорости и второй площади;

при этом отношение первого характеризующего параметра ко второму характеризующему параметру составляет от 0,5 до 1,5;

10 указанная вторая турбинная секция выполнена с возможностью приведения во вращение первого вала, опирающегося на подшипник, установленный на наружной периферии второго вала, приводимого во вращение указанной турбинной секцией привода вентилятора.

11. Двигатель по п. 10, в котором указанное отношение больше или равно 0,8.

12. Двигатель по п. 10, в котором компрессорная секция содержит первую  
15 компрессорную секцию и вторую компрессорную секцию, при этом турбинная секция привода вентилятора и первая компрессорная секция выполнены с возможностью вращения в первом направлении, а вторая турбинная секция и вторая компрессорная секция выполнены с возможностью вращения во втором направлении, противоположном  
первому.

20 13. Двигатель по п. 12, в котором между указанным вентилятором и валом, приводимым во вращение турбинной секцией привода вентилятора, предусмотрен понижающий редуктор, за счет чего вентилятор имеет возможность вращения с более низкой скоростью, чем скорость турбинной секции привода вентилятора

25 14. Двигатель по п. 13, в котором указанный вентилятор выполнен с возможностью вращения во втором направлении, противоположном первому.

15. Двигатель по п. 12, в котором указанный второй вал опирается на второй подшипник на своей наружной периферии, при этом указанный второй подшипник установлен на неподвижной конструкции.

30 16. Двигатель по п. 15, в котором третий подшипник поддерживает указанную вторую компрессорную секцию на наружной периферии указанного первого вала, приводимого во вращение указанной второй турбинной секцией.

35 17. Двигатель по п. 16, в котором четвертый подшипник расположен рядом с указанной первой компрессорной секцией и поддерживает наружную периферию указанного второго вала, который выполнен с возможностью вращения с указанной турбинной секцией привода вентилятора.

18. Двигатель по п. 12, в котором между указанными первой и второй турбинными секциями отсутствует несущая конструкция для подшипников.

19. Газотурбинный двигатель, содержащий:  
вентилятор;

40 компрессорную секцию, сообщающуюся по текучей среде с вентилятором;  
секцию камеры сгорания, сообщающуюся по текучей среде с компрессорной секцией;  
турбинную секцию, сообщающуюся по текучей среде с секцией камеры сгорания,  
при этом турбинная секция содержит турбинную секцию привода вентилятора и  
вторую турбинную секцию,

45 при этом указанная турбинная секция привода вентилятора имеет первую площадь выходного сечения и выполнена с возможностью вращения с первой скоростью,

при этом указанная вторая турбинная секция имеет вторую площадь выходного сечения и выполнена с возможностью вращения со второй скоростью вращения, которая

превышает первую скорость вращения,

при этом первый характеризующий параметр определен как произведение квадрата первой скорости и первой площади,

5 при этом второй характеризующий параметр определен как произведение квадрата второй скорости и второй площади поперечного сечения;

при этом отношение первого характеризующего параметра ко второму характеризующему параметру составляет от 0,5 до 1,5; и

10 компрессорная секция содержит первую компрессорную секцию и вторую компрессорную секцию, при этом турбинная секция привода вентилятора и первая компрессорная секция выполнены с возможностью вращения в первом направлении, а вторая турбинная секция и вторая компрессорная секция выполнены с возможностью вращения во втором направлении, противоположном первому, при этом между указанным вентилятором и указанной первой компрессорной секцией установлен понижающий редуктор, за счет чего вентилятор будет вращаться с более низкой  
15 скоростью, чем турбинная секция привода вентилятора, при этом указанный вентилятор будет вращаться во втором направлении, противоположном первому.

20 20. Двигатель по п. 19, в котором передаточное отношение указанного понижающего редуктора больше чем 2,3.

20

25

30

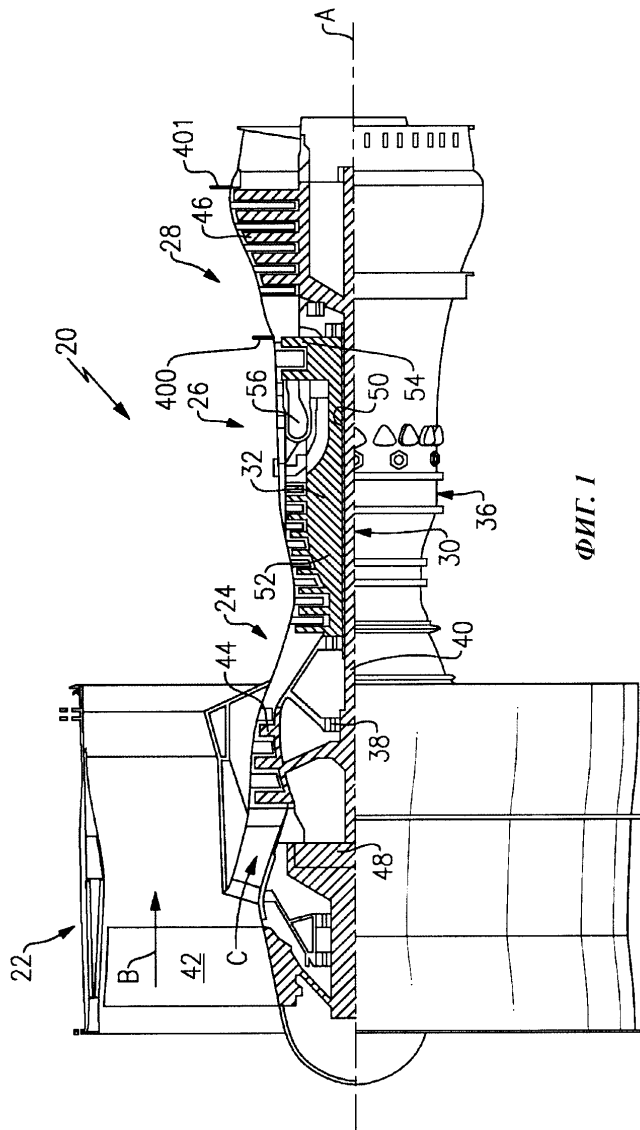
35

40

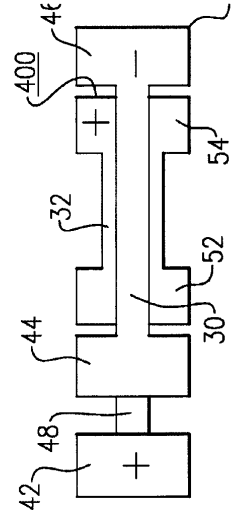
45

1

1

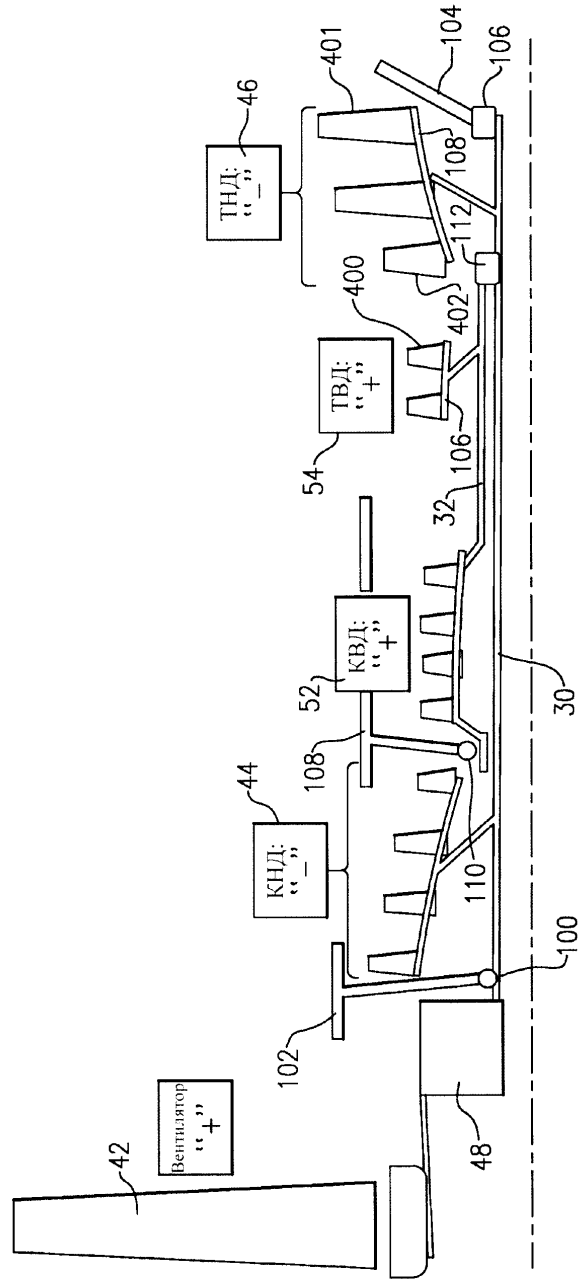


ФИГ. 1



ФИГ. 2

2



ФИГ. 3