

R U 2 6 5 0 2 3 7 C 2

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



(19)

RU (11)

2 650 237⁽¹³⁾ C2

(51) МПК
F01D 5/10 (2006.01)
G01M 1/32 (2006.01)
F04D 29/26 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
F01D 5/027 (2017.08); G01M 1/32 (2017.08); F04D 29/26 (2017.08)

(21)(22) Заявка: 2015105150, 12.07.2013

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
12.07.2013

Дата регистрации:
11.04.2018

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
17.07.2012 US 13/551,517

(43) Дата публикации заявки: 10.09.2016 Бюл. № 25

(45) Опубликовано: 11.04.2018 Бюл. № 11

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на
национальной фазе: 17.02.2015

(86) Заявка РСТ:
US 2013/050274 (12.07.2013)

(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2014/014773 (23.01.2014)

Адрес для переписки:
109012, Москва, ул. Ильинка, 5/2, ООО
"Союзпатент"

(72) Автор(ы):

ФЕРНАНДЕС Доувер М. (US),
МАСКЕТ Кори Патрик (US),
ВЭВРЕК Гэри Пол (US),
МИЛЛЕР Джеймс Эрик (US)

(73) Патентообладатель(и):

СОУЛАР ТЁРБИНЗ ИНКОРПОРЕЙТЕД
(US)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: US 6893222 B2, 17.05.2005. US
2009123282 A1, 14.05.2009. US 2012151937 A1,
21.06.2012. RU 2362028 C2, 20.07.2009.

(54) ДИСК ПЕРВОЙ СТУПЕНИ КОМПРЕССОРА, ВЫПОЛНЕННЫЙ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ
БАЛАНСИРОВКИ РОТОРА КОМПРЕССОРА

(57) Реферат:

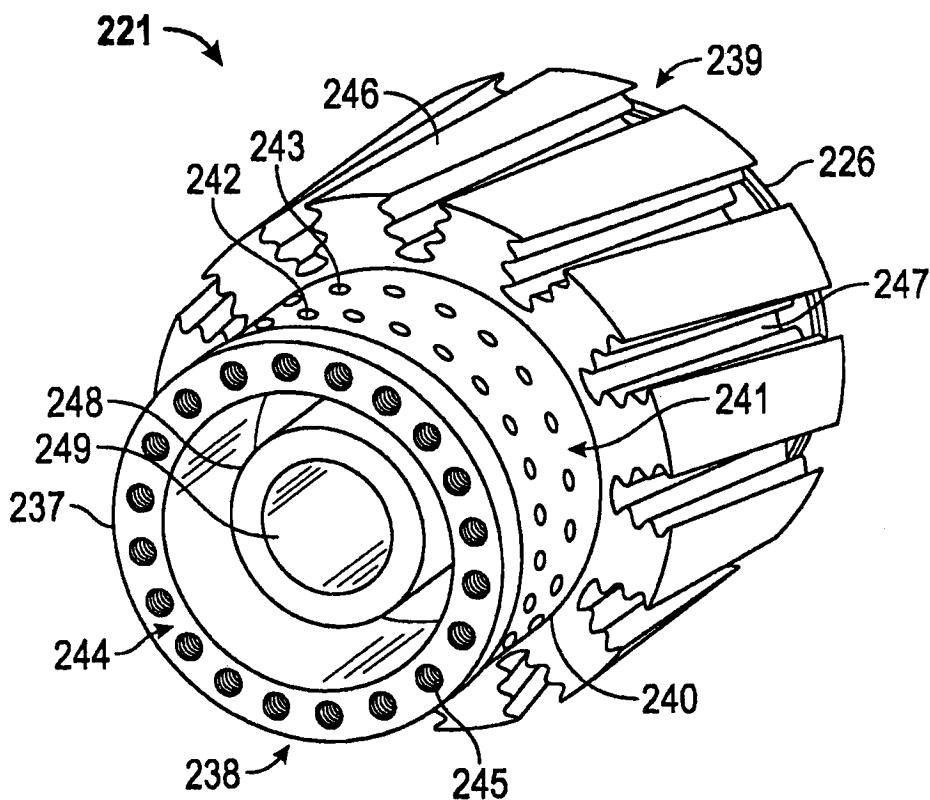
Диск (221) первой ступени компрессора газотурбинного двигателя (100) и способ балансировки ротора (230) компрессора газотурбинного двигателя (100). Диск (221) первой ступени компрессора газотурбинного двигателя (100) содержит корпус (240). Корпус (240) имеет передний конец (238), задний конец (239) и внешнюю поверхность (241). Корпус (240) также включает в себя множество передних балансировочных отверстий (242), проходящих через внешнюю поверхность (241). Передние балансировочные отверстия (242) выровнены по

окружности вокруг корпуса (240). Корпус (240) также включает в себя множество задних балансировочных отверстий (243), проходящих через внешнюю поверхность (241). Задние балансировочные отверстия (243) выровнены по окружности вокруг корпуса (240) и расположены сзади передних балансировочных отверстий (242). Диск (221) первой ступени компрессора также содержит радиальный фланец (246) на заднем конце корпуса (240). Радиальный фланец (246) отходит радиально наружу от корпуса (240). Радиальный фланец (246) включает в себя пазы

R U 2 6 5 0 2 3 7 C 2

(247) для установки лопаток (235). В результате обширных исследований и испытаний было установлено, что для некоторых крупных

газотурбинных двигателей может достигаться более динамичная система и способ балансировки. 3 н. и 7 з.п. ф-лы, 6 ил.



Фиг. 3

R U 2 6 5 0 2 3 7 C 2

R U 2 6 5 0 2 3 7 C 2

R U
2 6 5 0 2 3 7 C 2

RUSSIAN FEDERATION



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(19)

RU (11)

2 650 237⁽¹³⁾ C2

(51) Int. Cl.
F01D 5/10 (2006.01)
G01M 1/32 (2006.01)
F04D 29/26 (2006.01)

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(52) CPC

F01D 5/027 (2017.08); *G01M 1/32* (2017.08); *F04D 29/26* (2017.08)

(21)(22) Application: 2015105150, 12.07.2013

(24) Effective date for property rights:
12.07.2013

Registration date:
11.04.2018

Priority:

(30) Convention priority:
17.07.2012 US 13/551,517

(43) Application published: 10.09.2016 Bull. № 25

(45) Date of publication: 11.04.2018 Bull. № 11

(85) Commencement of national phase: 17.02.2015

(86) PCT application:
US 2013/050274 (12.07.2013)

(87) PCT publication:
WO 2014/014773 (23.01.2014)

Mail address:
109012, Moskva, ul. Ilinka, 5/2, OOO "Soyuzpatent"

(72) Inventor(s):

FERNANDES Douver M. (US),
MASKET Kori Patrik (US),
VEVREK Geri Pol (US),
MILLER Dzhejms Erik (US)

(73) Proprietor(s):

SOULAR TERBINZ INKORPOREJTED (US)

(54) FIRST STAGE COMPRESSOR DISC CONFIGURED FOR BALANCING THE COMPRESSOR ROTOR ASSEMBLY

(57) Abstract:

FIELD: engines.

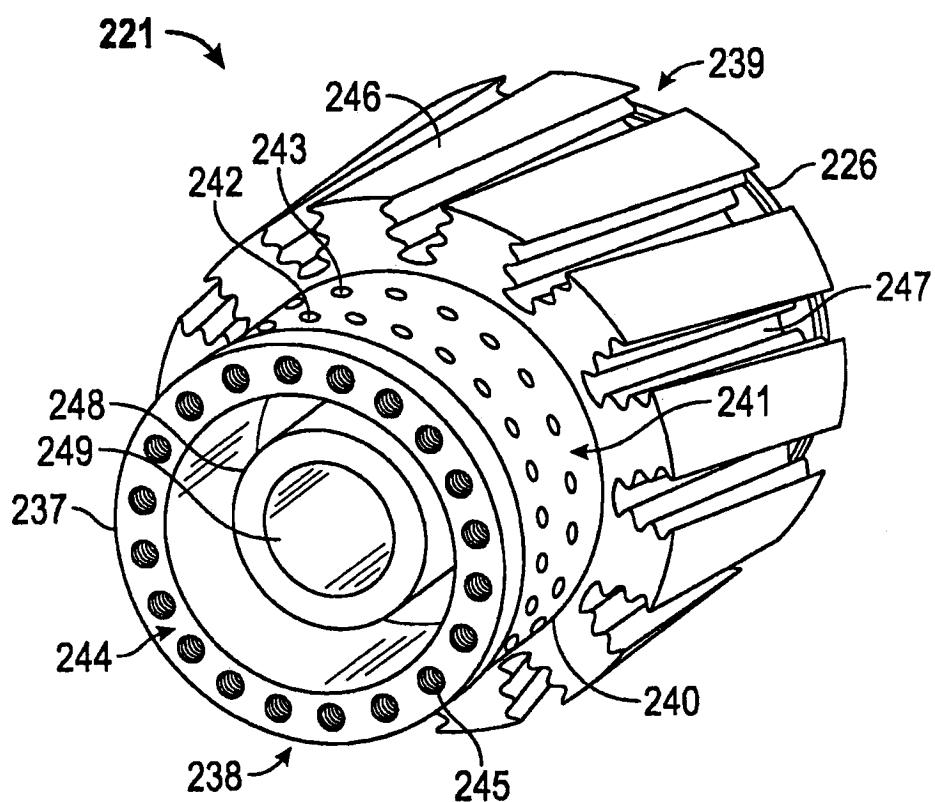
SUBSTANCE: first stage compressor disc (221) of gas turbine engine (100) and a method for balancing rotor (230) of gas turbine engine compressor (100). First stage compressor disc (221) of gas turbine engine compressor (100) comprises housing (240). Housing (240) has forward end (238), aft end (239) and outer surface (241). Housing (240) also includes a plurality of forward balancing holes (242) extending through outer surface (241). Forward balancing holes (242) are circumferentially aligned around housing (240). Housing (240) also includes a plurality of aft balancing holes (243) extending through the outer surface (241).

Aft balancing holes (243) are circumferentially aligned around housing (240) and are located behind forward balancing holes (242). First stage compressor disc (221) also comprises radial flange (246) at the rear end of housing (240). Radial flange (246) extends radially outward from housing (240). Radial flange (246) includes grooves (247) for positioning blades (235).

EFFECT: as a result of extensive research and testing it has been found that for some large gas turbine engines, a more dynamic system and balancing method can be achieved.

10 cl, 6 dwg

R U 2 6 5 0 2 3 7 C 2



ФИГ. 3

R U 2 6 5 0 2 3 7 C 2

Область техники

Изобретение в целом относится к газотурбинным двигателям, а более конкретно к диску первой ступени компрессора, выполненному с возможностью балансировки ротора компрессора газотурбинного двигателя.

5 Предшествующий уровень техники

Газотурбинные двигатели содержат компрессор, камеру сгорания и турбинные секции. Вследствие ограничений, существующих при производстве деталей, вращающимся деталям газотурбинного двигателя может потребоваться балансировка. В частности, для уменьшения вибраций газотурбинного двигателя может потребоваться 10 балансировка роторного узла компрессора. Для снижения вибраций и повышения надежности деталей, в крупных роторных узлах компрессора может использоваться система динамической балансировки и способ балансировки.

В патентном документе EP 1602855 раскрыт балансировочный узел для вращающихся элементов турбин. Балансировочный узел содержит удерживающий элемент для 15 балансировочного грузика, имеющий кольцевую периферию и образованный в нем паз. Паз имеет нижнюю поверхность, отверстие и пару разнесенных оппозитных боковых стенок. Боковые стенки проходят наклонно внутрь между нижней поверхностью и отверстием. Балансировочный узел также содержит по меньшей мере один грузик, компоновка и размеры которого позволяют вставлять его через отверстие паза и 20 устанавливать с возможностью перемещения в пазу, и имеет пару разнесенных проходящих наклонно внутрь поверхностей заплечиков, способных зацепляться с боковыми стенками паза. Балансировочный узел дополнительно содержит элемент крепления балансировочного грузика, соединенный по меньшей мере с одним балансировочным грузиком.

25 Изобретение направлено на решение одной или нескольких вышеописанных проблем, а также других проблем, с которыми столкнулись авторы изобретения.

Раскрытие изобретения

Диск первой ступени компрессора газотурбинного двигателя содержит корпус. Корпус содержит передний конец, задний конец и внешнюю поверхность. Корпус также 30 содержит множество передних балансировочных отверстий, проходящих через внешнюю поверхность. Передние балансировочные отверстия выровнены по окружности вокруг корпуса. Корпус дополнительно содержит множество задних балансировочных отверстий, проходящих через внешнюю поверхность. Задние балансировочные отверстия выровнены по окружности вокруг корпуса и расположены сзади передних 35 балансировочных отверстий. Диск первой ступени компрессора также содержит радиальный фланец на задней части корпуса. Радиальный фланец проходит радиально наружу от корпуса. Радиальный фланец содержит пазы для установки лопаток.

Способ балансировки ротора компрессора газотурбинного двигателя. Ротор компрессора содержит диски компрессора. Диски компрессора содержат пазы для 40 установки лопаток. Диски компрессора также включают в себя диск первой ступени компрессора. Диск первой ступени компрессора содержит корпус с внешней поверхностью. Ротор компрессора также содержит систему балансировки с множеством передних балансировочных отверстий, проходящих через внешнюю поверхность и распределенных по окружности вокруг корпуса, и с множеством задних 45 балансировочных отверстий, проходящих через внешнюю поверхность и распределенных по окружности вокруг корпуса. Задние балансировочные отверстия расположены сзади от передних балансировочных отверстий. Система балансировки также включает в себя множество грузиков. Ротор компрессора дополнительно содержит

множество лопаток.

Способ включает себя этап, на котором измеряют баланс вращения передней сварной детали. Способ также включает в себя этап, на котором определяют количество грузиков, размер каждого грузика и требуемое положение для каждого из определенных грузиков в системе балансировки на основании измеренного баланса вращения передней сварной детали. Способ также включает в себя этап, на котором устанавливают каждый грузик в определенном месте. Способ также включает в себя этап, на котором прикрепляют переднюю сварную деталь к задней сварной детали. Способ также включает в себя этап, на котором измеряют баланс вращения ротора компрессора и взвешивают множество лопаток. Способ также включает в себя этап, на котором определяют количество грузиков, размер каждого грузика, требуемое положение каждого из определенных грузиков в системе балансировки на основании измеренного баланса вращения ротора компрессора и требуемый паз для приема каждой из лопаток на основании измеренного баланса вращения ротора компрессора. Способ дополнительно включает в себя этап, на котором устанавливают каждый грузик в определенном месте и устанавливают каждую лопатку в определенном пазу.

Краткое описание чертежей

На фиг. 1 схематично показан типовой газотурбинный двигатель; на фиг. 2 показан ротор компрессора, вид в перспективе; на фиг. 3 – диск первой ступени компрессора, вид в перспективе; на фиг. 4 – передняя сварная деталь, вид в разрезе; на фиг. 5 – задняя сварная деталь, вид в разрезе; на фиг. 6 – блок-схема способа балансировки узла компрессора.

Варианты осуществления изобретения

На фиг. 1 схематично показан типовой газотурбинный двигатель. Газотурбинный двигатель 100 обычно включает в себя компрессор 200, камеру сгорания 300 и турбину 400. Воздух 10 поступает во впускное отверстие 15 в качестве "рабочей текучей среды" и сжимается компрессором 200. Топливо 35 добавляется к сжатому воздуху в камере сгорания 300, а затем воспламеняется для получения газа сгорания с большой энергией. Энергию из сжигаемого топлива/воздушной смеси извлекают посредством турбины 400, и, как правило, преобразуют в полезную посредством муфты 5 выходной мощности. Муфта 5 выходной мощности показана расположенной на передней стороне газотурбинного двигателя 100, но в других конструкциях она может находиться в задней части газотурбинного двигателя 100. Отработанные газы 90 могут удаляться из системы или подвергаться дальнейшей переработке (например, для уменьшения вредных выбросов или рекуперации тепла из отработанных газов).

Компрессор 200 содержит ротор 230 компрессора. Ротор 230 компрессора содержит переднюю сварную деталь 231. Передняя сварная деталь 231 содержит первое множество дисков 220 компрессора, причем диск 221 первой ступени компрессора является крайним передним диском 220 компрессора. Диск 221 первой ступени компрессора содержит множество передних балансировочных отверстий 242 и множество задних балансировочных отверстий 243. Диск 221 первой ступени компрессора может быть приварен к одному или более последующим дискам 220 компрессора для образования передней сварной детали 231.

Ротор 230 компрессора также включает в себя заднюю сварную деталь 232. Задняя сварная деталь содержит второе множество дисков 220 компрессора, причем диск 222 последней ступени компрессора является крайним задним диском 220 компрессора. Диск 222 последней ступени компрессора может быть приварен к одному или более

предыдущим дискам 220 компрессора для образования задней сварной детали 232. Диски 220 компрессора передней сварной детали 231 и задней сварной детали 232 механически соединены с валом 120. Передняя сварная деталь 231 и задняя сварная деталь 232 скреплены друг с другом. Ротор 230 компрессора дополнительно содержит множество лопаток ротора компрессора («лопаток») 235, которые расположены по окружности на роторных дисках 220 компрессора.

Турбина 400 содержит один или более роторов 420 турбины, механически соединенных с валом 120. Турбина 400 может иметь конструкцию с одним валом или с двумя валами. Ротор 230 компрессора и роторы 420 турбины представляют собой 10 роторы с осевым направлением потока. Каждый ротор 420 турбины содержит роторный диск, на котором по окружности расположено множество лопаток ротора турбины.

Неподвижные лопатки компрессора («лопатки статора» или «статоры») 250 могут в осевом направлении предшествовать каждому из роторных дисков 220 компрессора, с расположенными на них лопатками 235. Турбинные сопла 450 могут в осевом 15 направлении предшествовать каждому из роторов 420 турбины. Турбинные сопла 450 снабжены распределенными по окружности сопловыми лопатками турбины. Сопловые лопатки турбины спирально изменяют траекторию газа сгорания, подаваемого на роторные лопатки роторов 420 турбины, которые преобразуют энергию газа сгорания в механическую энергию и врашают вал 120.

20 В корпусе 201 компрессора, который, в целом, может быть цилиндрическим, расположены различные элементы компрессора 200. Различные элементы камеры сгорания 300 и турбины 400 расположены, соответственно, в корпусе 301 камеры сгорания и в корпусе 401 турбины. К диску 221 первой ступени компрессора прикреплена передняя ступица 210.

25 На фиг. 2 показан ротор 230 компрессора, вид в перспективе. Если не указано иное, описание и обозначения, относящиеся к фиг. 1, применимы для варианта осуществления по фиг. 2. Ротор 230 компрессора может содержать систему 255 балансировки. Система балансировки может содержать множество передних балансировочных отверстий 242 и множество задних балансировочных отверстий 243. Первая группа балансировочных 30 отверстий может быть образована из числа передних балансировочных отверстий 242 и задних балансировочных отверстий 243. Остальные передние балансировочные отверстия 242 и задние балансировочные отверстия 243 могут относиться к второй группе балансировочных отверстий. В соответствии с альтернативным вариантом передние балансировочные отверстия 242 могут входить в первую группу 35 балансировочных отверстий, а задние балансировочные отверстия 243 могут входить во вторую группу балансировочных отверстий.

Система 255 балансировки также может включать в себя грузики 256. Грузики 256 могут иметь различные размеры, массу и длину. В соответствии с примером варианта осуществления грузики 256 имеют диаметр 3/8 дюйма (0,95 см) и длину 1/4 дюйма (0,63 см), 1/2 дюйма (1,27 см) или 3/4 дюйма (1,9 см). В соответствии с альтернативным вариантом могут быть другие диаметры. Система 255 балансировки может дополнительно содержать лопатки 235. Размеры лопаток 235 могут зависеть от размера дисков 220 компрессора.

На фиг. 3 показан вид в перспективе диска 221 первой ступени компрессора 45 газотурбинного двигателя, например двигателя, подобного тому, который показан на фиг. 1. Диск 221 первой ступени компрессора содержит корпус 240. Корпус 240 может иметь кольцевидную форму с передним концом 238 и задним концом 239. Корпус 240 может содержать внешний осевой фланец 237. Внешний осевой фланец 237 может

проходить от корпуса 240 вперед в осевом направлении. Корпус 240 также может содержать внешнюю поверхность 241, которая проходит от переднего конца 238 в направлении заднего конца 239 корпуса 240. Часть внешней поверхности 241 может быть расположена на внешнем осевом фланце 237.

5 Корпус 240 содержит множество передних балансировочных отверстий 242, которые проходят через внешнюю поверхность 241. Каждое переднее балансировочное отверстие 242 проходит радиально внутрь от внешней поверхности 241. Передние балансировочные отверстия 242 могут быть выровнены по окружности и равномерно разнесены вокруг корпуса 240. Корпус 240 также содержит множество задних 10 балансировочных отверстий 243, которые проходят через внешнюю поверхность 241. Каждое заднее балансировочное отверстие 243 проходит радиально внутрь от внешней поверхности 241. Задние балансировочные отверстия 243 могут быть выровнены по окружности и равномерно разнесены вокруг корпуса 240. Задние балансировочные 15 отверстия 243 также могут быть смещены в осевом направлении назад от передних балансировочных отверстий 242 и могут быть смещены по окружности или сдвинуты относительно передних балансировочных отверстий 242.

Передние балансировочные отверстия 242 и задние балансировочные отверстия 243 могут быть расположены рядом с центром тяжести диска 221 первой ступени компрессора. Задние балансировочные отверстия 243 могут находиться ближе к центру 20 тяжести диска 221 первой ступени компрессора, чем передние балансировочные отверстия 242. Передние балансировочные отверстия 242 и задние балансировочные отверстия 243 могут иметь резьбу. В соответствии с одним из вариантов осуществления отверстия имеют диаметр 3/8 дюйма (0,95 см). В альтернативном варианте могут быть использованы другие диаметры.

25 Общее количество передних балансировочных отверстий 242 может быть более двенадцати и менее тридцати. Общее число задних балансировочных отверстий 243 может быть более двенадцати и менее тридцати. Количество передних балансировочных отверстий 242 и задних балансировочных отверстий 243 может соответствовать диаметру корпуса 240 или количеству пазов 247 в диске 221 первой ступени компрессора. Задние 30 балансировочные отверстия 243 могут быть смещены по окружности или сдвинуты на половину углового расстояния между соседними передними балансировочными отверстиями 242. Глубина передних балансировочных отверстий 242 и задних балансировочных отверстий 243 может соответствовать размеру грузиков 256 системы 255 балансировки.

35 Согласно одному из вариантов осуществления общее количество передних балансировочных отверстий 242 может быть двадцать четыре, общее количество задних балансировочных отверстий 243 может быть двадцать четыре, и задние балансировочные отверстия 243 могут быть смещены по окружности или сдвинуты на 7,5 градусов относительно передних балансировочных отверстий 242. Задние балансировочные 40 отверстия 243 могут быть смещены в осевом направлении на 1,5 дюйма (3 см) назад от передних балансировочных отверстий 242. В соответствии с другим вариантом осуществления задние балансировочные отверстия 243 могут иметь глубину по меньшей мере в 0,75 дюйма (1,9 см).

Корпус 240 также может содержать переднюю поверхность 244 на переднем конце 45 238. Передняя поверхность 244 может примыкать к внешней поверхности 241 и может быть расположена на внешнем осевом фланце 237. Корпус 240 может дополнительно содержать множество крепежных отверстий 245 для ступицы, которые проходят через переднюю поверхность 244. Крепежные отверстия 245 для ступицы могут проходить

от передней поверхности 244 назад. Крепежные отверстия 245 для ступицы могут быть расположены на внешнем осевом фланце 237.

Корпус 240 также может содержать внутренний осевой фланец 248. Внутренний осевой фланец 248 может проходить в осевом направлении вперед от переднего конца 238 корпуса 240. Внутренний осевой фланец 248 может быть расположен внутри внешнего осевого фланца 237.

Диск 221 первой ступени компрессора также содержит радиальный фланец 246. Радиальный фланец 246 может отходить в радиальном направлении наружу от заднего конца 239 корпуса 240. Радиальный фланец 246 может содержать множество пазов 247, предназначенных для установки лопаток 235 в диске 221 первой ступени компрессора. Пазы 247 могут иметь ёлочную форму поперечного сечения.

Диск 221 первой ступени компрессора также может содержать задний сварной элемент 226. Задний сварной элемент 226 может иметь кольцевую форму и может проходить от корпуса 240 назад.

Диск 221 первой ступени компрессора может дополнительно содержать центральное отверстие 249. Центральное отверстие 249 может проходить от внутреннего осевого фланца 248 на переднем конце 238 через корпус 240 и через задний конец 239. Вал 120 может проходить через центральное отверстие 249 диска 221 первой ступени компрессора, как это показано на фиг. 1.

На фиг. 4 на виде в разрезе показана передняя сварная деталь 231, включая диск 221 первой ступени компрессора по фиг. 3. Если не указано иное, описание и обозначения, относящиеся к фиг. 2 и фиг. 3, применимы для варианта осуществления по фиг. 4, а описание и обозначения, относящиеся к фиг. 4, применимы для варианта осуществления по фиг. 2 и фиг. 3. Передняя сварная деталь 231 содержит первое множество дисков 220 компрессора. Каждый диск 220 компрессора содержит пазы 247 под лопатки 235. Это множество содержит диск 221 первой ступени компрессора и передний крепежный диск 223 компрессора. Диск 221 первой ступени компрессора содержит передние балансировочные отверстия 242 (контур двух передних балансировочных отверстий показан пунктирными линиями на фиг. 4) и задние балансировочные отверстия 243.

Передний крепежный диск 223 компрессора может содержать передний сварной элемент 225. Передний сварной элемент 225 может иметь кольцевую форму и может проходить вперед от переднего крепежного диска 223 компрессора. Передний крепежный диск 223 компрессора может также содержать множество крепежных отверстий 227 для передней сварной детали. Крепежные отверстия 227 для передней сварной детали могут быть расположены на заднем конце переднего крепежного диска 223 компрессора и могут проходить в осевом направлении вперед.

Диски 220 компрессора, которые не находятся на переднем конце или на заднем конце передней сварной детали, могут включать в себя передний сварной элемент 225 и задний сварной элемент 226. Передний сварной элемент 225 может иметь кольцевую форму и может проходить от диска 220 компрессора вперед. Задний сварной элемент 226 может иметь кольцевую форму и может проходить от диска 220 компрессора назад. Задний сварной элемент 226 диска 221 первой ступени компрессора может быть приварен к переднему сварному элементу 225 последующего диска 220 компрессора. Каждый последующий диск 220 компрессора может быть приварен к предыдущему диску 220 компрессора аналогичным образом. Передний крепежный диск 223 компрессора может быть также приварен к предыдущему диску 220 компрессора аналогичным образом. В соответствии с одним из вариантов осуществления передняя сварная деталь 231 может включать в себя девять дисков 220 компрессора; в качестве переднего крепежного

диска 223 компрессора может выступать диск девятой ступени компрессора.

На фиг. 5 на виде в разрезе показана задняя сварная деталь 232. Если не указано иное, описание и обозначения, относящиеся к фиг. 2 и фиг. 4, применимы для варианта осуществления по фиг. 5, а описание и обозначения, относящиеся к фиг. 5, применимы для варианта осуществления по фиг. 2 и фиг. 4. Задняя сварная деталь 232 содержит второе множество дисков 220 компрессора. Каждый диск 220 компрессора содержит пазы 247 для установки лопаток 235. Это множество содержит диск 222 последней ступени компрессора и задний крепежный диск 224 компрессора. Задний крепежный диск 224 компрессора может содержать задний сварной элемент 226. Задний сварной элемент 226 может иметь кольцевую форму и может проходить назад от заднего крепежного диска 224 компрессора. Задний крепежный диск 224 компрессора также может содержать множество крепежных отверстий 228 для задней сварной детали. Крепежные отверстия 228 для задней сварной детали могут быть расположены на переднем конце заднего крепежного диска 224 компрессора и могут проходить в осевом направлении назад.

Задний сварной элемент 226 заднего крепежного диска 224 компрессора может быть приварен к переднему сварному элементу 225 последующего диска 220 компрессора. Каждый последующий диск 220 компрессора может быть приварен к предыдущему диску 220 компрессора аналогичным образом. Диск 222 последней ступени компрессора также может быть приварен к предыдущему диску 220 компрессора аналогичным образом. Согласно одному из вариантов осуществления задняя сварная деталь 232 может включать в себя семь дисков 220 компрессора; в качестве заднего крепежного диска 224 компрессора может выступать диск десятой ступени компрессора, а в качестве диска 222 последней ступени компрессора может выступать диск шестнадцатой ступени компрессора.

Промышленная применимость

Газотурбинные двигатели и другие роторные машины содержат ряд вращающихся элементов. Несбалансированный вращающийся элемент может создавать вибрацию при вращении. Вибрация вращающегося элемента может привести к нежелательному напряжению во вращающемся элементе. Напряжения, вызванные вибрацией, могут привести к усталостному разрушению вращающегося элемента или других смежных элементов. Чрезмерная вибрация может снижать надежность, создавать сильные толчки подшипников, а также может привести к выходу элементов из строя. Чрезмерная вибрация в газотурбинном двигателе также может вызывать изгиб вала или привести к его усталостному разрушению.

В результате обширных исследований и испытаний было установлено, что для некоторых крупных газотурбинных двигателей может потребоваться более динамичная система и способ балансировки. Способ динамической балансировки может быть эффективно реализован посредством ограничения числа элементов, используемых в системе 255 балансировки. Система 255 балансировки может уменьшить дисбаланс в газотурбинном двигателе, что позволяет снизить уровень вибраций и шума.

В частности, было установлено, что система 255 балансировки, включающая в себя диск 221 первой ступени компрессора с множеством передних балансировочных отверстий 242 и множеством задних балансировочных отверстий 243, может снизить вибрации и повысить надежность, помимо других элементов, ротора 230 компрессора, вала 120 и связанных с ним подшипников.

В результате исследований и разработок было определено местоположение передних балансировочных отверстий 242 и задних балансировочных отверстий 243.

Неправильное положение передних балансировочных отверстий 242 и задних балансировочных отверстий 243 может снизить усталостную прочность диска 221 первой ступени компрессора и может снизить общую надежность диска 221 первой ступени компрессора. Изменения в поперечном сечении диска 221 первой ступени

5 компрессора, например изменения, вызванные передними балансировочными отверстиями 242 и задними балансировочными отверстиями 243, могут привести к концентрациям напряжения. Данные концентрации напряжения могут привести к образованию трещин в диске 221 первой ступени компрессора.

На фиг. 6 показана блок-схема способа балансировки ротора 230 компрессора.

10 Балансировка ротора 230 компрессора может заключаться в использовании системы 255 балансировки. Ротор 230 компрессора, показанный на фиг. 2, содержит переднюю сварную деталь 231 по фиг. 4, заднюю сварную деталь 232 по фиг. 5 и множество лопаток 235 по фиг. 2. Балансировка ротора 230 компрессора может включать в себя этап 510, на котором измеряют баланс вращения или дисбаланс передней сварной детали 231 15 посредством балансировочной машины.

Балансировка ротора 230 компрессора может также включать в себя этап 511, на котором определяют число грузиков 256, размер каждого грузика 256 и требуемое местоположение каждого из определенных грузиков 256 на основании измеренного баланса вращения передней сварной детали 231. Каждый грузик 256 может быть 20 расположжен в переднем балансировочном отверстии 242 или в заднем балансировочном отверстии 243. Может быть использована, как первая группа балансировочных отверстий, так и вторая группа балансировочных отверстий. В примере варианта 25 осуществления длина грузиков 256 может составлять 1/4 дюйма (0,63 см), 1/2 дюйма (1,27 см) или 3/4 дюйма (1,9 см). Этап 511 может быть осуществлен с использованием балансировочной машины.

Балансировка ротора 230 компрессора также может включать в себя этап 512, на котором устанавливают каждый грузик 256 в определенное местоположение. Согласно одному из вариантов осуществления в задних балансировочных отверстиях 243 используют 1/4 дюймовые (0,63 см), 1/2 дюймовые (1,27 см) или 3/4 дюймовые (1,9 см) 30 грузики 256, а в передних балансировочных отверстиях 242 используют 1/4 дюймовые (0,63 см) или 1/2 дюймовые (1,27 см) грузики 256. В соответствии с другим вариантом осуществления для балансировки передней сварной детали 231, на этапах 511 и 512 используют только задние балансировочные отверстия 243.

Балансировка ротора 230 компрессора также может включать в себя этап 513, на 35 котором прикрепляют переднюю сварную деталь 231 к задней сварной детали 232. Этап прикрепления передней сварной детали 231 к задней сварной детали 232 может включать в себя установку крепежного элемента, например, болта, в каждом крепежном отверстии 227 передней сварной детали и в соответствующем крепежном отверстии 228 задней сварной детали.

40 Балансировка ротора 230 компрессора также может включать в себя этап 514, на котором измеряют баланс вращения или дисбаланс ротора 230 компрессора посредством балансировочной машины. За этапом 514 может следовать этап 515, на котором взвешивают множество лопаток 235, которые могут быть частью ротора 230 компрессора. Из-за возможных производственных ограничений лопатки 235 могут

45 различаться по весу. Балансировка ротора 230 компрессора также может включать в себя этап 516, на котором определяют количество грузиков 256, размер каждого грузика 256, требуемое местоположение для каждого из определенных грузиков 256 на основании измеренного баланса вращения ротора 230 компрессора и размера паза 247 для приема

каждой лопатки на основании измеренного баланса вращения ротора 230 компрессора. Может быть использована группа балансировочных отверстий, не используемых во время первой операции балансировки. Этап 516 может быть осуществлен с использованием балансировочной машины. Балансировочная машина может определять параметры этапа 516 на основании дисбаланса ротора 230 компрессора, веса каждой лопатки 235, имеющихся грузиков 256, местоположений грузиков 256 и имеющихся лопаток 235.

Балансировка ротора 230 компрессора также может включать в себя этап 517, на котором устанавливают каждый грузик 256 в определенное местоположение. Согласно одному из вариантов осуществления в задних балансировочных отверстиях 243 используют 1/4 дюймовые (0,63 см), 1/2 дюймовые (1,27 см) или 3/4 дюймовые (1,9 см) грузики 256, а в передних балансировочных отверстиях 242 используют 1/4 дюймовые (0,63 см) или 1/2 дюймовые (1,27 см) грузики 256. Согласно другому варианту осуществления для балансировки ротора 230 компрессора на этапах 516 и 517 используют только передние балансировочные отверстия 242. Балансировка ротора 230 компрессора может дополнительно включать себя этап 518, на котором устанавливают каждую лопатку 235 в определенном пазу.

Балансировка ротора 230 компрессора также может включать в себя балансировку диска 221 первой ступени компрессора перед привариванием диска 221 первой ступени компрессора к передней сварной детали 231. Балансировка диска 221 первой ступени компрессора может заключаться в измерении баланса вращения или дисбаланса диска 221 первой ступени компрессора посредством балансировочной машины. Балансировка диска 221 первой ступени компрессора также может заключаться в определении количества грузиков 256, размера каждого грузика 256 и требуемого местоположения каждого из определенных грузиков 256 на основании измеренного баланса вращения диска 221 первой ступени компрессора. Каждый грузик 256 может быть расположен в переднем балансировочном отверстии 242 или в заднем балансировочном отверстии 243. Может быть использована, как первая группа балансировочных отверстий, так и вторая группа балансировочных отверстий. Балансировка диска 221 первой ступени компрессора может дополнительно заключаться в установке каждого грузика 256 в определенное местоположение. В соответствии с одним из вариантов осуществления в задних балансировочных отверстиях 243 используют 1/4 дюймовые (0,63 см), 1/2 дюймовые (1,27 см) или 3/4 дюймовые (1,9 см) грузики 256, а в передних балансировочных отверстиях 242 используют 1/4 дюймовые (0,63 см) или 1/2 дюймовые (1,27 см) грузики 256. В соответствии с другим вариантом осуществления для балансировки диска 221 первой ступени компрессора используют только задние балансировочные отверстия 243. Балансировка 221 диска первой ступени компрессора может осуществляться без этапов 510 – 512.

Кроме того, балансировка ротора 230 компрессора может заключаться в измерении баланса ротора 230 компрессора в рабочих условиях. После создания газотурбинного двигателя можно приступить к его эксплуатации и испытаниям. Испытания могут заключаться в измерении баланса или дисбаланса ротора 230 компрессора. Может потребоваться тонкая балансировка ротора 230 компрессора с учетом дисбаланса ротора 230 компрессора. Тонкая балансировка ротора 230 компрессора может заключаться в определении числа грузиков 256, размера каждого грузика 256 и местоположения каждого из определенных грузиков 256 на основании измеренного баланса вращения ротора 230 компрессора. Каждый грузик 256 может быть расположен в переднем балансировочном отверстии 242 или в заднем балансировочном отверстии

243. Тонкая балансировка ротора 230 компрессора может дополнительно заключаться в установке каждого грузика 256 в определенном месте. Согласно одному из вариантов осуществления в задних балансировочных отверстиях 243 используют 1/4 дюймовые (0,63 см), 1/2 дюймовые (1,27 см) или 3/4 дюймовые (1,9 см) грузики 256, а в передних 5 балансировочных отверстиях 242 используют 1/4 дюймовые (0,63 см) или 1/2 дюймовые (1,27 см) грузики 256. Согласно другому варианту осуществления для тонкой балансировки ротора 230 компрессора используют только передние балансировочные отверстия 242.

Балансировка ротора 230 компрессора может включать в себя одну или несколько балансировочных операций с использованием системы 255 балансировки. Первая балансировочная операция может содержать этапы 510 – 512. Вторая балансировочная операция может содержать этапы 514 – 517. Третья балансировочная операция может включать в себя балансировку диска 221 первой ступени компрессора. В соответствии с альтернативным вариантом балансировка диска 221 первой ступени компрессора 15 может осуществляться без этапов 510 – 512, предусмотренных в первой балансировочной операции. Четвертая балансировочная операция может включать в себя измерение баланса ротора 230 компрессора в рабочих условиях и тонкую балансировку ротора 230 компрессора.

Предшествующее подробное описание является лишь примером по сути и не ограничивает изобретение либо применимость и использование настоящего изобретения. 20 Рассмотренные варианты осуществления не ограничены определенным типом газотурбинного двигателя. Поэтому, несмотря на то что в настоящем описании изобретения в целях удобства показан и рассмотрен конкретный диск первой ступени компрессора, конкретная передняя сварная деталь, конкретная задняя сварная деталь 25 и связанные с этим процессы, следует понимать, что в других роторах компрессора, конструкциях и типах машин могут быть реализованы другие диски первой ступени компрессора, передние сварные детали, задние сварные детали и процессы в соответствии с данным раскрытием изобретения. Кроме того, вышеуказанное описание известного уровня техники или подробное описание не ограничены какими-либо теориями. Также 30 следует понимать, что для более наглядного представления упоминаемых позиций некоторые размеры могут быть даны не в масштабе и не должны рассматриваться в качестве ограничения, если явно оговорено обратное.

(57) Формула изобретения

- 35 1. Диск (221) первой ступени компрессора газотурбинного двигателя (100), выполненный с возможностью балансировки ротора (230) компрессора, содержащий: корпус (240), имеющий передний конец (238), задний конец (239), внешнюю поверхность (241), множество передних балансировочных отверстий (242), проходящих через внешнюю 40 поверхность (241) и расположенных по окружности вокруг корпуса (240), и множество задних балансировочных отверстий (243), проходящих через внешнюю поверхность (241), расположенных по окружности вокруг корпуса (240) и 45 расположенных сзади передних балансировочных отверстий (242); и радиальный фланец (246), отходящий радиально наружу от корпуса (240), включающий в себя пазы (247) для установки лопаток (235).
2. Диск (221) по п. 1, в котором задние балансировочные отверстия (243) смешены

по окружности относительно передних балансировочных отверстий (242).

3. Диск (221) по п. 2, в котором общее количество передних балансировочных отверстий (242) составляет от 12 до 30, общее количество задних балансировочных отверстий (243) составляет от 12 до 30, и задние балансировочные отверстия (243)

5 смещены по окружности относительно передних балансировочных отверстий (242) на половину углового расстояния между соседними передними балансировочными отверстиями (242).

4. Диск (221) по п. 1, в котором общее количество передних балансировочных отверстий (242) составляет 24, общее количество задних балансировочных отверстий

10 (243) составляет 24, задние балансировочные отверстия (243) смещены по окружности относительно передних балансировочных отверстий (242) на 7,5 градусов, а глубина задних балансировочных отверстий (243) составляет по меньшей мере 0,75 дюйма.

5. Диск (221) по п. 1, который дополнительно включает в себя:

корпус (240), имеющий фланец (237), содержащий переднюю поверхность (244) и

15 множество крепежных отверстий (245) для ступицы, причем по меньшей мере часть внешней поверхности (241) расположена на фланце (237), а передняя поверхность (244) примыкает к внешней поверхности (241);

задний сварной элемент (226) кольцевой формы, проходящий в осевом направлении назад от заднего конца (239) корпуса (240);

20 радиальный фланец (246), проходящий радиально наружу от заднего конца (239) корпуса (240);

множество передних балансировочных отверстий (242), выровненных по окружности вокруг корпуса (240); и

25 множество задних балансировочных отверстий (243), выровненных по окружности вокруг корпуса (240).

6. Ротор (230) компрессора газотурбинного двигателя (100), включающий в себя диск (221) первой ступени компрессора по п. 1,

переднюю сварную деталь (231) с множеством дисков (220) компрессора, содержащим диск (221) первой ступени компрессора, при этом диски (220) компрессора приварены

30 друг к другу; и

заднюю сварную деталь (232) с множеством дисков (220) компрессора, приваренных друг к другу,

причем передняя сварная деталь (231) прикреплена к задней сварной детали (232).

7. Способ балансировки ротора (230) компрессора газотурбинного двигателя (100),

35 в котором ротор (230) компрессора имеет диски (220) компрессора, включающие в себя пазы (247) для установки лопаток (235), диски (220) компрессора также включают в себя диск (221) первой ступени компрессора, содержащий корпус (240) с внешней поверхностью (241), ротор (230) компрессора также имеет систему (255) балансировки, система (255) балансировки включает в себя множество передних балансировочных

40 отверстий (242), проходящих через внешнюю поверхность (241) и распределенных по окружности вокруг корпуса (240), и множество задних балансировочных отверстий (243), проходящих через внешнюю поверхность (241) и распределенных по окружности вокруг корпуса (240), задние балансировочные отверстия (243) расположены сзади передних балансировочных отверстий (242), система (255) балансировки также включает

45 в себя множество грузиков (256), а ротор (230) компрессора дополнительно имеет множество лопаток (235), причем способ включает в себя этапы, на которых:

измеряют баланс вращения передней сварной детали (231), содержащей первое множество дисков (220) компрессора, приваренных друг к другу;

определяют количество грузиков (256), размер каждого грузика (256) и требуемое местоположение в системе (255) балансировки для каждого из определяемых грузиков (256) на основании измеренного баланса вращения передней сварной детали (231);

устанавливают каждый грузик (256) в определенное местоположение;

- 5* прикрепляют переднюю сварную деталь (231) к задней сварной детали (232), содержащей второе множество (220) дисков компрессора, приваренных друг к другу; измеряют баланс вращения ротора (230) компрессора;

взвешивают множество лопаток (235);

определяют количество грузиков (256), размер каждого грузика (256), требуемое

- 10* местоположение в системе (255) балансировки для каждого из определяемых грузиков (256) на основании измеренного баланса вращения ротора (230) компрессора, и требуемый паз (247) для приема каждой лопатки (235) на основании измеренного баланса вращения ротора (230) компрессора;

устанавливают каждый грузик (256) в определенное местоположение; и

- 15* устанавливают каждую лопатку (235) в определенном пазу (247).

8. Способ по п. 7, в котором диск (221) первой ступени компрессора перед его привариванием к передней сварной детали (231) балансируют, измеряют баланс вращения диска (221) первой ступени компрессора, определяют количество грузиков (256), размер каждого грузика (256) и требуемое местоположение в системе (255)

- 20* балансировки для каждого из определяемых грузиков (256) на основании измеренного баланса вращения диска (221) первой ступени компрессора и осуществляют установку каждого грузика (256) в определенное местоположение.

9. Способ по п. 7, дополнительно включающий в себя этапы, на которых:

измеряют баланс ротора (230) компрессора в рабочих условиях; и

- 25* осуществляют тонкую балансировку ротора (230) компрессора.

10. Способ по п. 7, в котором грузики (256) устанавливают в задних балансировочных отверстиях (243) только перед прикреплением передней сварной детали (231) к задней сварной детали (232), и грузики (256) устанавливают в передних балансировочных отверстиях (242) только после прикрепления передней сварной детали.

30

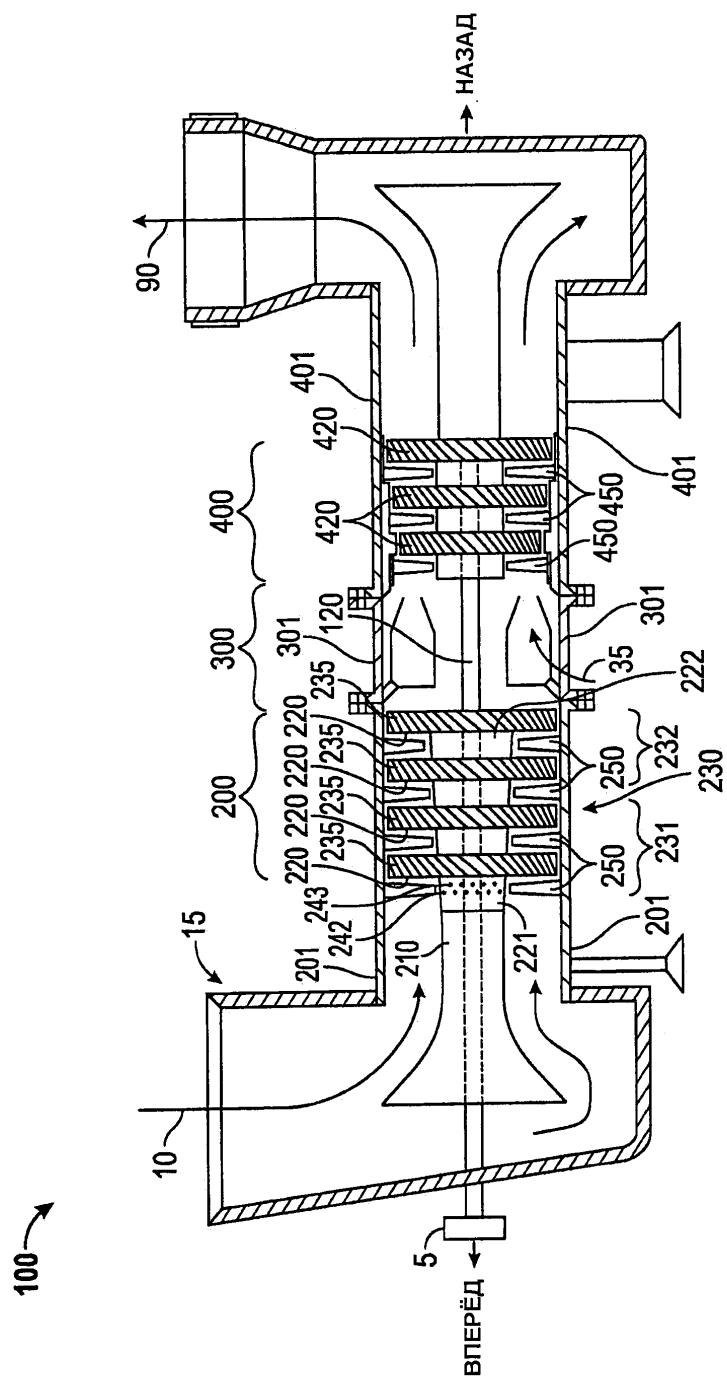
35

40

45

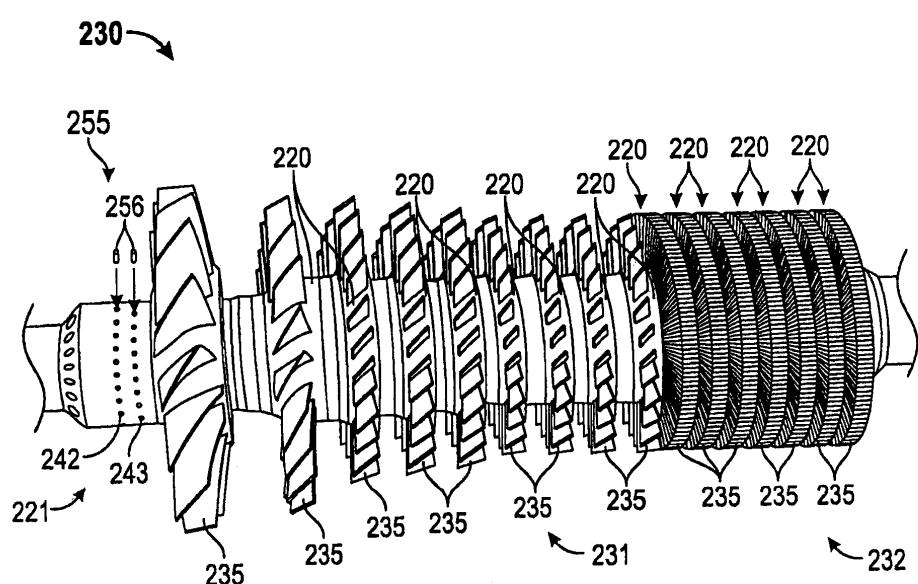
1/6

ФИГ. 1

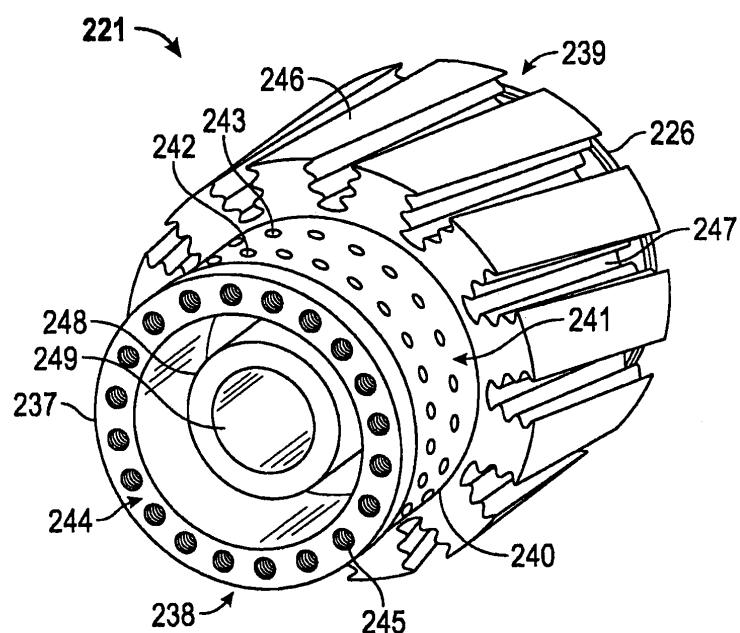


2/6

ФИГ. 2

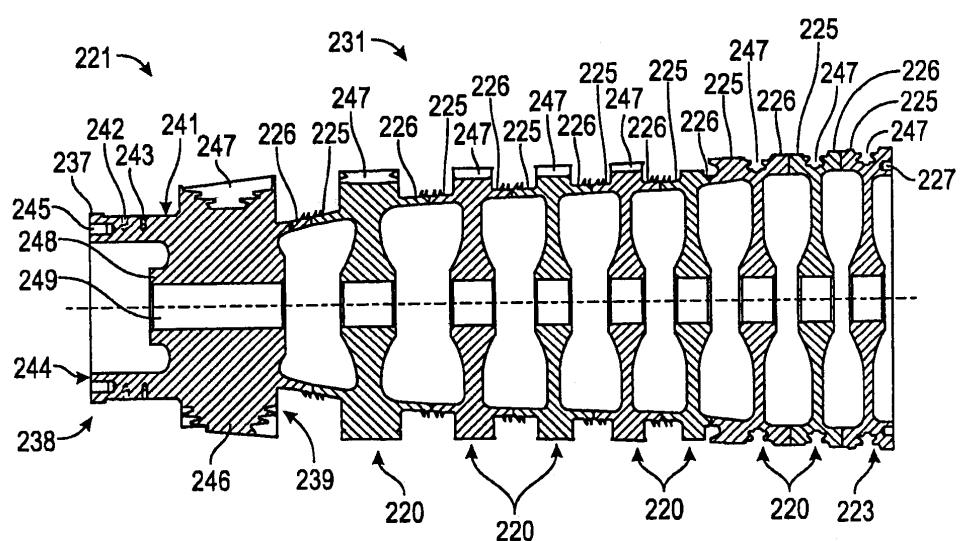


3/6



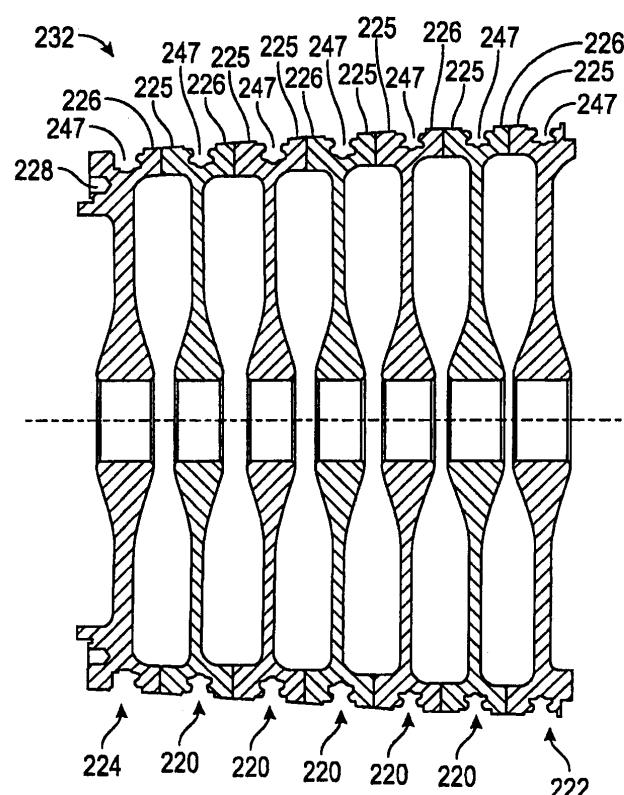
ФИГ. 3

4/6



ФИГ. 4

5/6



ФИГ. 5

6/6
ФИГ. 6

