



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2001131888/06, 26.11.2001

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
26.11.2001(30) Конвенционный приоритет:
27.11.2000 US 09/723,109

(43) Дата публикации заявки: 27.06.2003

(45) Опубликовано: 10.08.2006 Бюл. № 22

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: US 4595340 A, 17.06.1986. SU 981701 A,
15.12.1982. SU 360478 A, 16.01.1973. SU
964209 A, 07.10.1982. DE 2606891 A1,
23.09.1976. FR 2323043 A1, 01.04.1977. US
5588804 A, 31.12.1996.

Адрес для переписки:
129010, Москва, ул. Б.Спасская, 25, стр.3,
ООО "Юридическая фирма Городисский и
Партнеры", пат.пов. С.А.Дорофееву

(72) Автор(ы):

ФОРРЕСТЕР Джеймс Майкл (US),
БОЛТ Жанин Элизабет (US),
РОДА Джеймс Эдвин (US),
СТИВЕНСОН Джозеф Тимоти (US)

(73) Патентообладатель(и):

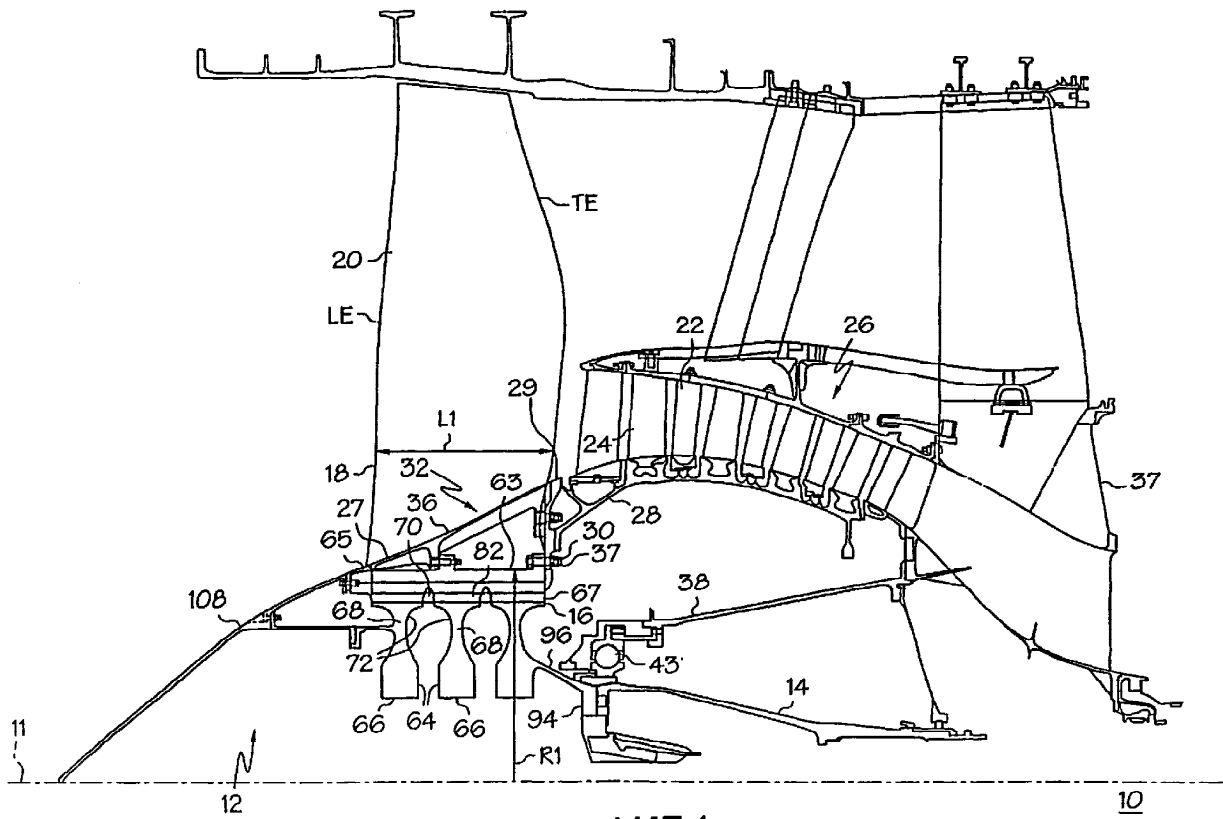
ДЖЕНЕРАЛ ЭЛЕКТРИК КОМПАНИ (US)

(54) ДИСК РОТОРА ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ (ВАРИАНТЫ)

(57) Реферат:

Диск ротора газотурбинного двигателя имеет ряд кольцевых ступиц, окружающих центральную линию, и каждая из ступиц соединена с венцом диска перемычкой. Множество разнесенных по окружности пазов в форме ласточкина хвоста расположены в венце, проходя по окружности между стойками диска, проходя в осевом направлении от переднего конца до заднего конца венца и проходя в радиальном направлении внутрь от наружной поверхности венца диска. Проходящие по окружности кольцевые пазы для предотвращения разрыва проходят в радиальном направлении сквозь венец в пазы в форме ласточкина хвоста между каждыми двумя соседними перемычками. В показанном здесь типичном варианте осуществления изобретения

пазы в форме ласточкина хвоста являются дугообразными пазами в форме ласточкина хвоста. Выступающий в осевом направлении вперед свес расположен радиально снаружи на каждой из стоек диска, и на радиально наружном углу каждой из стоек диска на части свеса расположен скос. Множество отверстий стоек проходит в осевом направлении назад в венец, причем каждое из отверстий стоек проходит в осевом направлении назад в соответствующую одну из стоек диска. Изобретение обеспечивает выполнение узла диска вентилятора для конструкции со ступицей малого радиуса, который включает дугообразные хвостовик и паз в форме ласточкина хвоста для обеспечения получения адекватной площади опоры и пути нагружения для диска. 5 н. и 17 з.п. ф-лы, 27 ил.



ФИГ.1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(12) ABSTRACT OF INVENTION(21), (22) Application: **2001131888/06, 26.11.2001**(24) Effective date for property rights: **26.11.2001**(30) Priority:
27.11.2000 US 09/723,109(43) Application published: **27.06.2003**(45) Date of publication: **10.08.2006 Bull. 22**

Mail address:
**129010, Moskva, ul. B.Spasskaja, 25, str.3,
OOO "Juridicheskaja firma Gorodisskij i
Partnery", pat.pov. S.A.Dorofeevu**

(72) Inventor(s):

**FORRESTER Dzhejms Majkl (US),
BOLT Zhanin Ehlizabet (US),
RODA Dzhejms Ehdvin (US),
STIVENSON Dzhozef Timoti (US)**

(73) Proprietor(s):

DZhENERAL EhLEKTRIK KOMPANI (US)

(54) ROTOR DISK OF GAS-TURBINE ENGINE (VERSIONS)

(57) Abstract:

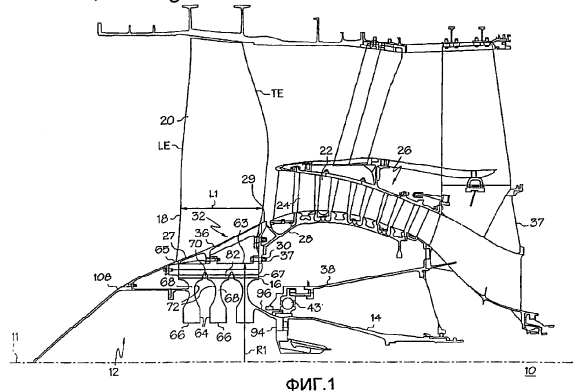
FIELD: mechanical engineering; gas-turbine engines.

SUBSTANCE: proposed rotor disk of gas-turbine engine contains row of ring hubs surrounding central line. Each hub is connected with disk rim by bridge. Great number of dovetail slots spaced circumference pass between posts of disk in axial direction from front end to rear end of disk rim and in radial direction, inwards from outer surface of disk rim. To prevent breaking, ring slots pass over circumference in radial direction through rim in dovetail slots between each two adjacent bridges. In typical design version, dovetail slots are made arc-shaped. Overhand projecting forward in axial direction is arranged radially outwards on each of disk posts, and bevel is found on part of overhand of each of disk post radially to outer angle. Great number of holes of posts pass in axial direction back to

rim, each hole in post passes in axial direction back into corresponding post of disk.

EFFECT: possibility of making fan disk unit for smaller radius hub which includes arc-shaped root and dovetail slot to provide adequate area of support and disk loading paths.

22 cl, 27 dwg



Настоящее изобретение относится в целом к узлам вентиляторов газотурбинных двигателей и, более конкретно, к диску вентилятора газотурбинного двигателя для узла вентилятора, имеющего лопатки вентилятора с дугообразными хвостовиками в форме ласточкина хвоста, которые соответствуют дугообразным пазам в форме ласточкина хвоста в диске вентилятора.

Турбовентиляторный газотурбинный двигатель, используемый для энергоснабжения самолета в полете, включает вентиляторный узел, имеющий множество разнесенных по окружности лопаток вентилятора, проходящих радиально наружу от диска ротора. Поток окружающего воздуха направляется между лопатками и, таким образом, сжимается для создания тяги для энергоснабжения самолета в полете. Вентиляторный узел обычно включает множество разнесенных по окружности лопаток вентилятора, каждая из которых имеет хвостовик в форме ласточкина хвоста, расположенный в соответствующем ему проходящем в осевом направлении пазу или прорези в форме ласточкиного хвоста в периметре или венце диска ротора. Пазаы в форме ласточкина хвоста образованы стойками в форме ласточкиного хвоста, и соответствуют по конфигурации хвостовикам в форме ласточкиного хвоста лопаток для удерживания в радиальном направлении лопаток на диске ротора. Лопатки также удерживаются в осевом направлении в диске ротора для предотвращения осевого перемещения лопаток в направлениях против хода потока и по ходу потока. Для обеспечения равномерного потока воздуха в вентилятор, к переднему концу узла вентилятора прикреплен обтекатель.

Радиально внутреннюю границу для потока воздуха, проходящего между лопатками, обычно создают цельные плоскости у хвостовиков лопаток, которые по окружности примыкают друг к другу между соседними лопатками вентилятора. Часто бывают основания для увеличения потока воздуха через лопатки вентилятора для увеличения тяги без увеличения размера до конца лопатки или сдерживания его в определенных пределах. Внутренняя граница канала для потока, часто называемая ступицей, смещена радиально внутрь по сравнению с конструкцией существующих двигателей, или двигатель имеет оригинальную конструкцию с применением так называемой ступицы малого радиуса. Обычно переходная в радиальном направлении часть является переходом от изогнутой части лопатки в канале для потока к прямому хвостовику в верхней части ласточкина хвоста. Благодаря малому внутреннему диаметру канала для потока переходная в радиальном направлении часть лопатки вентилятора от аэродинамической или изогнутой части лопатки к хвостовику в форме ласточкина хвоста значительно укорочена. Желательно иметь узел диска вентилятора для конструкции со ступицей малого радиуса, который включает дугообразные хвостовик и паз в форме ласточкина хвоста для обеспечения получения адекватной площади опоры и пути нагружения для диска.

Дугообразный ласточкин хвост имеет конфигурацию дуги, как описано в патенте США №5123813, который раскрывает дугообразные пазы и хвостовики в форме ласточкина хвоста, имеющие центральные линии в форме дуг окружности при взгляде на диск в радиальном направлении.

Согласно первому аспекту настоящего изобретения создан диск ротора газотурбинного двигателя, содержащий

ряд кольцевых ступиц, окружающих центральную линию, причем упомянутые ступицы соединены с венцом диска соответствующими перемычками,

множество разнесенных по окружности пазов в форме ласточкина хвоста, расположенных в венце, проходящих по окружности между стойками диска, проходящих в осевом направлении от переднего конца к заднему концу венца и выступающих в радиальном направлении внутрь из наружной поверхности венца диска,

проходящие по окружности кольцевые пазы для предотвращения разрыва, проходящие в радиальном направлении через венец в пазы в форме ласточкина хвоста между каждой парой соседних перемычек,

причем каждый из пазов для предотвращения разрыва имеет сечение с конфигурацией стрельчатого свода с радиально наружным радиусом оживальной кривой и радиально

внутренним радиусом оживальной кривой, при этом радиально внутренний радиус оживальной кривой существенно больше, чем радиально наружный радиус оживальной кривой, и

5 закругленные каналы между перемычками, имеющие радиально внутренние и наружные округления, проходящие по оси между упомянутыми перемычками и по радиусу между упомянутым венцом и упомянутыми ступицами.

Предпочтительно, пазы в форме ласточкина хвоста являются дугообразными пазами в форме ласточкина хвоста.

10 Предпочтительно, диск ротора газотурбинного двигателя дополнительно содержит проходящий в осевом направлении вперед свес, расположенный радиально снаружи на каждой из стоек диска.

Предпочтительно, диск ротора газотурбинного двигателя дополнительно содержит подрезы, сформированные под плоскостями давления паза в форме ласточкина хвоста на стойках вдоль дугообразных пазов в форме ласточкина хвоста.

15 Предпочтительно, диск ротора газотурбинного двигателя дополнительно содержит подрезы, сформированные под плоскостями давления паза в форме ласточкина хвоста на стойках вдоль дугообразных пазов в форме ласточкина хвоста.

Предпочтительно, диск ротора газотурбинного двигателя дополнительно содержит скос на радиально наружном углу каждой стойки диска на части свеса.

20 Предпочтительно, диск ротора газотурбинного двигателя дополнительно содержит множество отверстий стоек, проходящих в осевом направлении назад в кольцевые поверхности венца на передней стороне венца.

Предпочтительно, каждое из отверстий стоек проходит в осевом направлении назад в соответствующую одну из стоек диска.

25 Предпочтительно, диск ротора газотурбинного двигателя дополнительно содержит переднюю и заднюю проушины диска, отступающие радиально наружу от стоек диска по наружной поверхности диска.

Согласно второму аспекту настоящего изобретения создан диск ротора газотурбинного двигателя, содержащий

30 ряд кольцевых ступиц, окружающих центральную линию, причем каждая из упомянутых ступиц соединена с венцом диска перемычкой,

множество разнесенных по окружности дугообразных пазов в форме ласточкина хвоста, расположенных в венце, проходящих по окружности между стойками диска, проходящих в осевом направлении от переднего конца к заднему концу венца и выступающих в радиальном направлении внутрь из наружной поверхности венца диска,

35 выступающий вперед в осевом направлении свес, расположенный радиально снаружи на каждой из стоек диска,

40 проходящие по окружности кольцевые пазы для предотвращения разрыва, проходящие в радиальном направлении через венец в пазы в форме ласточкина хвоста между каждой парой соседних перемычек,

45 причем каждый из пазов для предотвращения разрыва имеет сечение с конфигурацией стрельчатого свода с радиально наружным радиусом оживальной кривой и радиально внутренним радиусом оживальной кривой, при этом радиально внутренний радиус оживальной кривой существенно больше, чем радиально наружный радиус оживальной кривой, и

кольцевое переднее удлинение, имеющее кольцевой передний фланец и соединенное с кольцевым передним кронштейном, отступающим вперед от самой передней из перемычек.

Предпочтительно, упомянутое кольцевое переднее удлинение имеет задний фланец, прикрепленный болтами к кольцевому переднему кронштейну.

50 Согласно третьему аспекту настоящего изобретения создан диск ротора газотурбинного двигателя, содержащий

ряд кольцевых ступиц, окружающих центральную линию, причем каждая из упомянутых ступиц соединена с венцом диска перемычкой,

множество разнесенных по окружности дугообразных пазов в форме ласточкина хвоста, расположенных в венце, проходящих по окружности между стойками диска, проходящих в осевом направлении от переднего конца к заднему концу венца и выступающих в радиальном направлении внутрь из наружной поверхности венца диска,

5 проходящие по окружности кольцевые пазы для предотвращения разрыва, проходящие в радиальном направлении через венец в пазы в форме ласточкина хвоста между каждой парой соседних перемычек,

причем каждый из пазов для предотвращения разрыва имеет сечение с конфигурацией стрельчатого свода с радиально наружным радиусом оживальной кривой и радиально
10 внутренним радиусом оживальной кривой, при этом радиально внутренний радиус оживальной кривой существенно больше, чем радиально наружный радиус оживальной кривой,

кольцевое переднее удлинение, имеющее кольцевой передний фланец, причем упомянутое кольцевое переднее удлинение соединено с кольцевым передним
15 кронштейном, выступающим вперед из самой передней из перемычек, и задний фланец удлинения, прикрепленный болтами к упомянутому кольцевому переднему кронштейну.

Предпочтительно, диск ротора газотурбинного двигателя дополнительно содержит подрезы, сформированные под плоскостями давления паза в форме ласточкина хвоста на
20 стойках вдоль дугообразных пазов в форме ласточкина хвоста.

Согласно четвертому аспекту настоящего изобретения создан диск ротора газотурбинного двигателя, содержащий

ряд кольцевых ступиц, окружающих центральную линию, причем каждая из упомянутых ступиц соединена с венцом диска перемычкой,

25 множество разнесенных по окружности дугообразных пазов в форме ласточкина хвоста, расположенных в венце, проходящих по окружности между стойками диска, проходящих в осевом направлении от переднего конца к заднему концу венца, и выступающих в радиальном направлении внутрь из наружной поверхности венца диска,

30 проходящие по окружности кольцевые пазы для предотвращения разрыва, проходящие в радиальном направлении через венец в пазы в форме ласточкина хвоста между каждой парой соседних перемычек,

причем каждый из пазов для предотвращения разрыва имеет сечение с конфигурацией стрельчатого свода с радиально наружным радиусом оживальной кривой и радиально
внутренним радиусом оживальной кривой, при этом радиально внутренний радиус
35 оживальной кривой существенно больше, чем радиально наружный радиус оживальной кривой,

выступающий вперед в осевом направлении свес, расположенный радиально снаружи на каждой из стоек диска, и

40 передние и задние проушины, проходящие по радиусу наружу из стоек вдоль наружной поверхности венца диска.

Предпочтительно, диск ротора газотурбинного двигателя дополнительно содержит скос на радиально наружном углу каждой стойки диска на части свеса.

Предпочтительно, диск ротора газотурбинного двигателя дополнительно содержит подрезы, сформированные под плоскостями давления паза в форме ласточкина хвоста на
45 стойках вдоль дугообразных пазов в форме ласточкина хвоста.

Предпочтительно, диск ротора газотурбинного двигателя дополнительно содержит множество отверстий стоек, проходящих в осевом направлении назад в упомянутый венец, причем каждое из отверстий стоек проходит в осевом направлении назад в соответствующую одну из стоек диска.

50 Предпочтительно, диск ротора газотурбинного двигателя дополнительно содержит кольцевое переднее удлинение, имеющее кольцевой передний фланец и соединенное с кольцевым передним кронштейном, отступающим вперед от самой передней из перемычек.

Предпочтительно, кольцевое переднее удлинение имеет задний фланец удлинения,

прикрепленный болтами к упомянутому кольцевому переднему кронштейну.

Предпочтительно, диск ротора газотурбинного двигателя дополнительно содержит множество распределенных по окружности отверстий для облегчения удлинения, проходящих сквозь кольцевое переднее удлинение.

- 5 Согласно пятому аспекту настоящего изобретения создан диск ротора газотурбинного двигателя, содержащий
- ряд кольцевых ступиц, окружающих центральную линию, причем каждая из упомянутых ступиц соединена с венцом диска перемычкой,
- множество разнесенных по окружности дугообразных пазов в форме ласточкина хвоста, 10 расположенных в венце, проходящих по окружности между стойками диска, проходящих в осевом направлении от переднего конца к заднему концу венца и выступающих в радиальном направлении внутрь из наружной поверхности венца диска,
- проходящие по окружности кольцевые пазы для предотвращения разрыва, проходящие 15 в радиальном направлении через венец в пазы в форме ласточкина хвоста между каждой парой соседних перемычек,
- выступающий вперед в осевом направлении свес, расположенный радиально снаружи на каждой из стоек диска,
- передние и задние проушины, проходящие по радиусу наружу из стоек вдоль наружной 20 поверхности венца диска,
- скос на радиально наружном углу каждой стойки диска на части свеса,
- множество отверстий стоек, проходящих в осевом направлении назад в упомянутый венец, причем каждое из отверстий стоек проходит в осевом направлении назад в 25 соответствующую одну из стоек диска, при этом подрезы сформированы под плоскостями давления паза в форме ласточкина хвоста на стойках вдоль дугообразных пазов в форме ласточкина хвоста, и
- кольцевое переднее удлинение, имеющее кольцевой передний фланец и соединенное с кольцевым передним кронштейном, выступающим вперед из самой передней из перемычек, причем кольцевое переднее удлинение отлито как единое целое с кольцевым передним кронштейном.
- 30 Предпочтительно, диск ротора газотурбинного двигателя дополнительно содержит множество распределенных по окружности отверстий для облегчения удлинения, проходящих сквозь кольцевое переднее удлинение.
- Новые признаки, представляющиеся отличительными для настоящего изобретения, 35 изложены и отграничены в формуле изобретения. Изобретение будет описано более конкретно в сочетании с прилагаемыми чертежами, на которых:
- Фиг.1 изображает вид частичного сечения, показывающего переднюю секцию турбовентиляторного газотурбинного двигателя и иллюстрирующего типичный узел 40 вентилятора, соответствующий настоящему изобретению.
- Фиг.2 изображает перспективный вид с пространственным разделением деталей ротора вентилятора в узле вентилятора, показанном на фиг.1.
- Фиг.3 изображает перспективный вид диска вентилятора, показанного на фиг.1.
- Фиг.4 изображает увеличенный вид сечения диска вентилятора, показанного на фиг.3.
- Фиг.5 изображает вид сечения ротора диска вентилятора, показанного на фиг.2, 45 установленного на секции ускорительного ротора передней секции турбовентиляторного газотурбинного двигателя, показанной на фиг.1.
- Фиг.6 изображает перспективный вид спереди обтекателя ротора вентилятора, показанного на фиг.1.
- Фиг.7 изображает перспективный вид сзади обтекателя ротора вентилятора, показанного на фиг.1.
- 50 Фиг.8 изображает увеличенный вид сечения обтекателя ротора вентилятора, показанного на фиг.1.
- Фиг.9 изображает вид сечения паза в форме ласточкина хвоста в диске вентилятора, показанного на фиг.3.

Фиг.10 изображает увеличенный перспективный вид части диска вентилятора, показанного на фиг.3.

Фиг.11 изображает вид сечения нижней части лопатки вентилятора с отверстиями для облегчения лопатки вентилятора, установленной в паз в форме ласточкина гнезда в диске вентилятора, показанном на фиг.1.

Фиг.12 изображает увеличенный перспективный вид передней части диска вентилятора, показанного на фиг.10.

Фиг.13 изображает перспективный вид распорной вставки для помещения в паз в форме ласточкина хвоста диска вентилятора, показанного на фиг.10.

Фиг.14 изображает перспективный вид передней части распорной вставки, показанной на фиг.13, удерживаемой держателем в диске вентилятора, показанном, на фиг.1.

Фиг.15 изображает перспективный вид спереди держателя, показанного на фиг.14.

Фиг.16 изображает перспективный вид сзади держателя, показанного на фиг.14.

Фиг.17 изображает вид сечения, иллюстрирующий передний уплотнитель и задний уплотнитель диска вентилятора, показанного на фиг.1.

Фиг.18 изображает вид в сечении при взгляде в радиальном направлении внутрь, иллюстрирующий передний уплотнитель, показанный на фиг.17.

Фиг.19 изображает перспективный вид спереди плоскости вентилятора ротора вентилятора, показанного на фиг.1.

Фиг.20 изображает вид в сечении при взгляде в радиальном направлении внутрь, иллюстрирующий плоскости вентилятора, собранные на роторе вентилятора, показанном на фиг.1

Фиг.21 изображает перспективный вид при взгляде в радиальном направлении изнутри, иллюстрирующий плоскость, показанную на фиг.19.

Фиг.22 изображает вид сечения распорной вставки, выполненного по линии 22-22 на фиг.13.

Фиг.23 изображает вид сечения распорной вставки, выполненного по линии 23-23 на фиг.13.

Фиг.24 изображает вид сечения распорной вставки, выполненного по линии 24-24 на фиг.13.

Фиг.25 изображает увеличенный вид части диска вентилятора, находящуюся в окружении прерывистой линии на фиг.5.

Фиг.26 изображает перспективный вид с пространственным разделением деталей уплотнителей плоскости вентилятора, показанной на фиг.20.

Фиг.27 изображает вид сечения плоскости по линии 27-27 на фиг.26.

На фиг.1 схематически показана передняя часть авиационного турбовентиляторного газотурбинного двигателя 10, включающего типичный вариант выполнения роторного узла в соответствии с настоящим изобретением в форме узла 12 вентилятора, который вращается валом 14 привода вентилятора, приводимым в действие турбиной низкого давления (не показана). Узел 12 вентилятора включает роторный диск 16 вентилятора, от которого отходит в радиальном направлении наружу один ряд 18 расположенных в осевом направлении и разнесенных по окружности лопаток 20 вентилятора. По ходу потока после узла 12 вентилятора расположен обычный ускорительный компрессор 26, имеющий разнесенные в осевом направлении ряды ускорительных направляющих лопаток 22 и ряды ускорительных рабочих лопаток 24, установленные на вращающемся ускорительном каскаде 28. Кольцевая монтажная пластина 29 имеет кольцевые ряды множества радиально-внутренних отверстий 174, радиально-наружных отверстий 208 и радиально-промежуточных отверстий 23, расположенных в радиальном направлении между радиально-внутренними отверстиями и наружными отверстиями. Кольцевая монтажная пластина 29 прикреплена болтами или другим образом неподвижно соединена с ускорительным каскадом 28 множеством соединений 25 пластина-болт. Каждое из соединений 25 пластина-болт содержит каретный болт 37, вставленный в одно из промежуточных отверстий 23 и в одно из множества отверстий 19 каскада в ускорительном

каскаде 28. Каждый из каретных болтов 37 имеет головку 21 болта, захватывающую монтажную пластину 29 и прикрепленную к корпусу 476 с резьбовым свободным концом 478 и гладкой частью 480 между головкой 21 болта и свободным концом 478. Гладкая часть проходит сквозь промежуточное отверстие 23 и отверстие 19 каскада. Каретный

5 болт 37 крепится потайной гайкой 33, навинченной на свободный конец 278 для соединения ускорительного каскада 28 с пластиной 29. Неподвижная посадка между потайными гайками 33 и монтажной пластиной 29 удерживает гайки на месте, когда к головкам 21 болтов прилагают вращающий момент для затяжки соединений 25 пластина-болт.

10 Монтажная пластина 29 неподвижно соединяется с роторным диском 16 множеством внутренних болтовых соединений 30, как показано более подробно на фиг.5 и 17. Таким образом, ускорительный каскад 28 соединяется с роторным диском 16 посредством монтажной пластины 29, и монтажная пластина считается частью ускорительного каскада. Ускорительный каскад и диск вентилятора вращаются турбиной (не показана) посредством

15 приводного вала 14 вентилятора. Приводной вал 14 вентилятора с возможностью вращения поддерживается в неподвижной конструкции или каркасе 38 двигателя упорным подшипником 43.

Как показано на фиг.2 и 3, каждая из лопаток 20 вентилятора имеет изогнутую аэродинамическую часть 56 со стороны повышенного давления и стороной разрежения 55

20 и 57 соответственно, проходящими между передней и задней кромками LE и TE соответственно. Аэродинамическая часть 56 прикреплена к дугообразному хвостовику 58 в форме ласточкина хвоста, и переходная часть 60 лопатки 20 вентилятора проходит между аэродинамической частью и хвостовиком. Как показано на фиг.4, роторный диск 16 вентилятора является многоступичным диском, имеющим венец 62, прикрепленный к ряду

25 ступиц 64 диска с отверстиями 66 соответствующим количеством перемычек 68, окружающих центральную линию 11. Каналы 61 между перемычками проходят в осевом направлении между перемычками 68 и в радиальном направлении между венцом 62 и ступицами 64.

Хотя в показанном здесь типичном варианте осуществления изобретения использованы

30 три идентичные ступицы, может использоваться другое количество ступиц, такое как 2 или 4 или более. Диск, соответствующий изобретению, не ограничен использованием идентичных ступиц, перемычек и отверстий. Ступицы, перемычки и отверстия могут иметь разные радиальные и осевые размеры. Поскольку лопатка 20 вентилятора имеет большую осевую длину L относительно наружного диаметра диска 16, отмеченного радиальным

35 расстоянием R1 от наружной поверхности 63 диска до центральной линии 11 двигателя, диск с несколькими ступицами более эффективен, чем традиционный диск с одной ступицей, вследствие его меньшего веса. Диск с несколькими ступицами, соответствующий настоящему изобретению, может также применяться в других частях двигателя, таких как компрессор или турбина.

40 Обратившись к фиг.4, отметим, что венец 62 отнесен в радиальном направлении очень недалеко от ступиц 64. Каналы 61 между перемычками широкие и короткие по сравнению с каналами в обычных дисках. Каналы между перемычками имеют относительно большую максимальную ширину W1 канала, проходящую в осевом направлении между перемычками 68, по сравнению с относительно малыми длинами LC каналов, проходящими в

45 радиальном направлении между венцом 62 и ступицами 64. Максимальная ширина W1 канала составляет такой же порядок, как и длина LC канала. Каналы между перемычками по существу закруглены, и перемычки 68 имеют относительно большие внутреннее и наружное округления 71 и 73 соответственно, и внутреннее округление 71 проходит в пределах около 30-70% длины LC канала и в типичном варианте составляет около 50%

50 длины LC канала. Каналы между перемычками короткие и широкие, и в типичном варианте перемычки 68 сформированы по существу внутренним и наружным округлениями 71 и 73, которые имеют большие внутренний и наружный радиусы 75 и 77 кривизны соответственно. В целом, внутреннее и наружное скругления 71 и 73 формируют

существенную часть перемычки 68. Внутренние округления 71 велики и имеют большой внутренний радиус 75 кривизны для устранения больших концентраций напряжения, которые могут возникать между ступицами 64 и перемычками 68.

5 Как показано на фиг.2, 3 и 4, множество разнесенных по окружности дугообразных пазов 52 в форме ласточкина хвоста расположены в венце 62 и проходят по окружности между стойками 50 диска, в осевом направлении от переднего конца 65 до заднего конца 67 венца и радиально внутрь от наружной поверхности 63 венца диска. Дугообразные пазы 52 в форме ласточкина хвоста используют для приема и удерживания в радиальном направлении дугообразных хвостовиков 58 в форме ласточкина хвоста.

10 Дугообразные хвостовики 58 в форме ласточкина хвоста, дугообразные пазы 52 в форме ласточкина хвоста и стойки 50 диска имеют конфигурацию дуги и изогнуты в плоскости, перпендикулярной радиальной оси RA и вокруг нее. Это показано дугой AR, проходящей через стойку 50 диска, которая описана вокруг радиальной оси RA с радиусом R кривизны. Каждый дугообразный хвостовик 58 в форме ласточкина хвоста устроен так, что 15 он может скользить в осевом направлении назад вдоль дуги в соответствующий один из множества дугообразных пазов 52 в форме ласточкина хвоста и удерживается в радиальном направлении и направлении вдоль окружности венцом 62 диска и, более конкретно, стойками 50. Каждая стойка 50 имеет свес 69, выступающий в осевом направлении вперед от венца 62 диска и расположенный радиально снаружи на стойке. В 20 типичном варианте наружная поверхность 63 венца 62 диска является смежной со стойками 50 диска и свесами 69. Хотя скользящее движение является круговым движением вдоль дуги, здесь оно называется также осевым скользящим движением.

Как показано на фиг.9, на стойках 50 диска внутри и вдоль дугообразного паза 52 в форме ласточкина хвоста сформированы конические подрезы 74. Подрезы 74 проходят 25 между конической поверхностью 76 давления паза в форме ласточкина хвоста на стойке 50 диска и частью с закругленным или тороидальным сечением внутри и вдоль дугообразного паза 52 в форме ласточкина хвоста. Коническая поверхность 76 давления паза в форме ласточкина хвоста предназначена для вхождения в контакт с конической поверхностью 78 давления хвостовика в форме ласточкина хвоста на дугообразном хвостовике 58 в форме 30 ласточкина хвоста. Подрезы 74 имеют коническую форму и в типичном варианте показаны как имеющие угол 81 подреза относительно поверхности 76 давления паза в форме ласточкина хвоста на стойке 50 диска, составляющий около 30 градусов. Контактные напряжения вдоль хвостовика по дуге контакта высоки при вращении лопаток 20 вентилятора с высокой скоростью, например, при ускорении работы двигателя и взлете 35 самолета. Подрезы на стойках 50 помогают смягчать остроту контактных напряжений.

Как показано на фиг.1, 4 и 5, венец 62 имеет проходящие по окружности кольцевые пазы 70 для предотвращения разрыва между каждой парой 72 соседних перемычек 68. Пазы 70 для предотвращения разрыва проходят в радиальном направлении через венец 62 в пазы 52 в форме ласточкина хвоста и обеспечивают блокировку трещин. Пазы 70 для 40 предотвращения разрыва образуют пути усиленных кольцевых нагрузок между частями 82 венца 62, от которых отходят перемычки 68, которые препятствуют распространению трещины от одной части 82 венца диска 16 к другой. В типичном варианте пазы 70 для предотвращения разрыва имеют сечение с конфигурацией стрельчатого свода 85 с радиально наружным радиусом 83 оживальной кривой и радиально внутренним радиусом 45 84 оживальной кривой, при этом радиально внутренний радиус оживальной кривой существенно больше.

Как показано на фиг.3 и 4, кольцевое переднее удлинение 86 (показанное здесь цилиндрическое кольцевое переднее удлинение) имеет кольцевой передний фланец 90 и 50 кольцевой задний фланец 87 удлинения. Задний фланец 87 удлинения прикреплен болтами к кольцевому переднему кронштейну 89, отступающему вперед от самой передней 88 из перемычек 68 диска 16. Альтернативные варианты включают переднее удлинение 86, сформированное или отлитое как единое целое с самой передней 88 из перемычек 86 диска 16 и отступающее от нее вперед. Кольцевой задний кронштейн 96 (показанный здесь

конический кольцевой задний кронштейн) отступает в осевом направлении назад от самой задней 98 из перемычек 68 диска 16, сформирован или отлит как единое целое с ней и имеет кольцевой задний фланец 94. Кольцевой задний фланец 94 прикреплен болтами к приводному валу 14 вентилятора, как показано на фиг.1, и, таким образом, соединяет

5 диск вентилятора с приводным валом вентилятора. Передний фланец 90 имеет вырезанные в форме зубцов края с множеством распределенных по окружности передних отверстий 100 для болтов, выполненных в выступах 101 между вырезанными секциями переднего фланца. В переднем удлинении 86 выполнено множество распределенных по окружности облегчающих отверстий 102 для уменьшения веса диска 16 и узла 12

10 вентилятора. Переднее удлинение 86 разрабатывают с достаточной гибкостью и с необходимой длиной для сглаживания разности или приспособления к разной степени увеличения в радиальном направлении между диском 16 и обтекателем 104.

На фиг.2, 3, 4, 5, 19 и 20 показаны отдельные плоскости 32 (отдельные от лопаток 20 вентилятора), расположенные по окружности между лопатками 20 вентилятора. Передние и

15 задние проушины 34 и 35 диска, соответственно, выступают радиально наружу от стоек 50 вдоль наружной поверхности 63 венца 62 диска 16. Каждая из плоскостей 32 имеет стенку 27 плоскости с аэродинамическим профилем с радиально-наружной поверхностью 36, которая обращена радиально наружу и образует и поддерживает внутренний канал

20 вентилятора для потока, проходящий в осевом направлении по всей ширине лопатки 20 вентилятора. Радиально внутренняя поверхность 236 стенки 27 плоскости обращена радиально внутрь. Стенки 27 плоскостей наклонены относительно центральной линии 11 для обеспечения увеличения радиуса наружной поверхности 36 (внутренней поверхности канала вентилятора для потока вдоль площадки) в осевом направлении назад.

Радиально-наружный угол 45 стойки 50 диска имеет плоский скос 39, который занимает

25 часть свеса 69 стойки диска. Стенки 27 плоскостей наклонены или скошены параллельно скосу 39. В показанном здесь типичном варианте стенка 27 плоскости параллельна скосу 39 и отнесена от него с первым зазором С1, показанным на фиг.5, составляющим около 0,76 мм вдоль радиально наружного угла 45 свеса 69 стойки 50 диска. Как показано на фиг.21, от внутренней поверхности 236 стенки 27 плоскости радиально внутрь отступает

30 клиновидный буфер 238 плоскости. В типичном варианте буфер 238 плоскости имеет плоскую нижнюю поверхность 240, и между нижней поверхностью и внутренней поверхностью и наружной поверхностью 63 диска вдоль стойки 50 существует второй зазор С2, показанный на фиг.5, составляющий около 1,27 мм. Буфер 238 плоскости в альтернативном варианте может иметь изогнутую по окружности нижнюю поверхность,

35 имеющую конфигурацию, соответствующую изогнутой по окружности наружной поверхности 63 диска.

Как показано на фиг.19, 20 и 21, стенки 27 плоскостей имеют прямоугольную переднюю часть 252 и изогнутую по окружности заднюю часть 244. Изогнутая по окружности задняя часть 244 конфигурирована так, чтобы она соответствовала изогнутому

40 аэродинамическому сечению 56 между передней и задней кромками LE и TE соответственно. Изогнутая по окружности задняя часть 244 имеет кромки 262 и 264 сторон повышенного давления и разрежения соответственно, которые конфигурированы так, чтобы они соответствовали сторонам 55 и 57 повышенного давления и разрежения аэродинамического сечения 56 соответственно.

Как показано на фиг.5 и 17-21, каждая плоскость 32 имеет переднюю, среднюю и заднюю монтажные проушины 40, 42 и 44 соответственно, отступающие радиально внутрь от стенки 27 плоскости. Передняя и задняя монтажные проушины 40 и 44 расположены на переднем и заднем концах 46 и 48 стенки 27 плоскости соответственно, и средняя монтажная проушина 42 расположена в осевом направлении между ними, однако не

50 обязательно посередине. Средняя и задняя монтажные проушины 42 и 44 имеют проходящие сквозь них в осевом направлении среднее и заднее отверстия 47 и 49 соответственно, и внутри среднего и заднего отверстий расположены втулки 41. Типичными материалами для изготовления плоскости являются алюминиевые сплавы,

например алюминий 7075-T73, которые не могут выдерживать большие напряжения смятия, создаваемые в них штифтами, используемыми для закрепления или удерживания в радиальном направлении плоскостей 32 на диске 16, когда вентилятор вращается с большими скоростями. Внутренняя часть отверстий в проушинах плоскости могла бы
5 разрушаться под сминающей нагрузкой, создаваемой штифтами. Таким образом, типичный вариант осуществления настоящего изобретения включает запрессованные втулки 41 в среднем и заднем отверстиях 47 и 49 плоскости 32. Втулки 41 выполнены из более
твердого материала с необходимым сопротивлением смятию, такого как Инконель 718. Втулки 41 запрессованы в отверстия с натягом в пределах 0,038-0,063 мм по диаметру.
10 Таким образом, напряжение смятия, создаваемое штифтами, ослабляется втулками и не создает неблагоприятных воздействий на алюминиевую плоскость.

Имеющая прямоугольную конфигурацию передняя часть 252 стенка 27 плоскости включает переднюю кромку 140 плоскости, проходящую в осевом направлении вперед только до прохождения края венца 62, и переднюю монтажную проушину 40, отступающую
15 от передней части 252 передней кромки плоскости вверх обращенной вперед кольцевой поверхности 142 венца и вровень с ней, как показано на фиг.5 и 25. Множество отверстий 214 в стойках проходят в осевом направлении назад в кольцевую поверхность 142 венца в передней части венца 62. Каждое отверстие 214 в стойке проходит в соответствующую стойку 50 диска.

Каждая из передних монтажных проушин 40 имеет переднее отверстие 51 проушины, удерживающее соответствующий один из множества проходящих назад штифтов 220 стоек. Каждый штифт 220 стойки имеет гладкий цилиндрический корпус 222, прикрепленный к более узкому стержню 224. Стержень 224 имеет резьбовой свободный конец 226 и гладкую
25 часть 228 между гладким цилиндрическим корпусом 222 и свободным концом 226. Гладкая часть 228 расположена внутри отверстия 51 передней проушины для образования хорошей гладкой цилиндрической несущей поверхности, входящей в контакт с передней монтажной проушиной 40. Гладкая часть 228 имеет длину, равную ширине или толщине передней проушины с отверстием 51. На свободный конец 226 навинчена потайная гайка 230 с
внутренней резьбой для крепления штифта 220 стойки к передней монтажной проушине 40.
30 Потайная гайка 230 имеет небольшую часть 232 без резьбы с зенковкой, расположенную перед резьбой гайки.

Как показано на фиг.5 и 25, глубокое первое расточенное отверстие 152 проходит в осевом направлении сквозь каждую из передних проушин 34 диска до задней стенки 144 расточенного отверстия в заднем конце 156 передней проушины диска. Первое болтовое
35 отверстие 154, соосное с первым расточенным отверстием 152, проходит в осевом направлении сквозь заднюю стенку 144. Передний штифт 150 также имеет гладкий цилиндрический корпус 159, прикрепленный к более узкому стержню 161 как описано выше. Стержень 161 имеет резьбовой свободный конец 226 и гладкую часть 228, расположенную
40 между гладким цилиндрическим корпусом 157 и свободным концом 226. Гладкий цилиндрический корпус 157 переднего штифта 150 плотно посажен в первое расточенное отверстие 152. Более узкая гладкая часть 228 переднего штифта 150 расположена внутри первого болтового отверстия 154, которое проходит в осевом направлении сквозь заднюю
стенку 144 передней проушины 34 диска. Гладкий цилиндрический корпус 159 и первое расточенное отверстие 152 имеют по существу одинаковый первый диаметр 160, первое
45 болтовое отверстие 154 имеет второй диаметр 162, и первый диаметр больше второго диаметра. Имеющая внутреннюю резьбу потайная гайка 230 навинчена на свободный конец 226 стержня 161 для крепления переднего штифта 150 к передней проушине 34 диска.

Заднее отверстие 170 проходит в осевом направлении сквозь каждую из задних проушин
50 35 диска и совпадает с соответствующим одним из внутренних отверстий 174 в кольцевой монтажной пластине 29. Каждое из внутренних болтовых соединений 30 имеет каретный болт 180, расположенный в заднем отверстии 170 и внутреннем отверстии 174. Каждый каретный болт 180 имеет головку 182 болта, входящую в зацепление с задней проушиной

35 диска и прикрепленную к стержню 176 с резьбовым свободным концом 178 и гладкой частью 188 между головкой 182 болта и свободным концом 178. Гладкая часть проходит сквозь заднее отверстие 170 и внутренние отверстия 174. Каретный болт 180 крепится потайной гайкой 190, навинченной на свободный конец 178 для соединения задней проушины диска с пластиной 29. Неподвижная посадка между потайными гайками 190 и монтажной пластиной 29 удерживает гайки на месте, когда к головкам болтов прилагают вращающий момент для затяжки внутренних болтовых соединений.

Множество проходящих вперед задних штифтов 200 установлены в кольцевой монтажной пластине 29. Каждый задний штифт 200 имеет гладкий цилиндрический корпус 202, прикрепленный к более узкому стержню 204. Стержень 204 имеет резьбовой свободный конец 206 и гладкую часть 207 между гладким цилиндрическим корпусом 202 и свободным концом 206. Гладкий цилиндрический корпус 202 проходит в осевом направлении вперед от пластины, гладкая часть 207 расположена в соответствующем одном из радиально наружных отверстий 208 в кольцевой монтажной пластине 29.

Имеющая внутреннюю резьбу потайная гайка 210 навинчена на свободный конец 206 для крепления заднего штифта 200 к кольцевой монтажной пластине 29. Потайная гайка 210 имеет небольшую часть 232 без резьбы с зенковкой, расположенную перед резьбой в гайке. Каждый из задних штифтов 200 расположен в соответствующем одном из задних отверстий 49 в задних монтажных проушинах 44.

Как показано на фиг.19, 20 и 21, между средней и задней монтажными проушинами 42 и 44 проходят изогнутые по окружности задние ребра 270 жесткости. Задние ребра 270 жесткости проходят по существу параллельно кромкам 262 и 264 сторон повышенного давления и разрежения соответственно и отнесены от них на первое расстояние 272 внутрь. Изогнутые по окружности передние ребра 271 жесткости проходят в осевом направлении от средней монтажной проушины 42 до передней кромки 274 буфера 238 плоскости, откуда клиновидный буфер 238 плоскости начинает отступать радиально внутрь от внутренней поверхности 236 стенки 27 плоскости. Передние ребра 271 жесткости суживаются или сходятся с внутренней поверхностью 236 плоскости 32 таким образом, что в любом осевом положении высота передних ребер жесткости меньше высоты буфера 238 плоскости вдоль проходящей в осевом направлении длины 239 буфера. Буфер 238 плоскости обеспечивает дополнительную жесткость для регулирования напряжения и деформации плоскости 32 и стенки 27 плоскости при ударах от столкновения со льдом или птицей в этом районе. Буфер 238 плоскости создает путь нагружения от тонкой стенки 27 плоскости в верхнюю часть стойки 50 диска и ограничивает деформации (и, таким образом, напряжения) в случае такого столкновения.

Каждая из плоскостей 32 установлена на диске 16 между двумя соседними лопатками 20 вентилятора. Сначала две соседние лопатки вентилятора устанавливаются на диск 16 посредством скольжения по окружности хвостовиков 58 в форме ласточкина хвоста в соответствующие пазы 52 в форме ласточкина хвоста, пока вырез 59 (см. фиг.5 и 7) в переходной секции 60 лопатки 20 вентилятора не войдет в контакт с кольцевой монтажной пластиной 29. Таким образом, кольцевая монтажная пластина 29, рассматриваемая как часть вращающегося ускорительного каскада 28, обеспечивает удерживание сзади в осевом направлении лопатки 20 вентилятора. Затем на диск между двумя соседними установленными лопатками 20 вентилятора устанавливаются плоскость 32 посредством выравнивания по окружности штифта 220 плоскости, переднего штифта 150 и заднего штифта относительно соответствующих отверстий 214 в стойке и втулок 41 в среднем и заднем отверстиях 47 и 49 соответственно и скольжения плоскости в осевом направлении назад таким образом, чтобы штифты вставились в соответствующие им отверстия и втулки. Это формирует по существу средство штифт-проушина для удерживания в радиальном направлении и направлении вдоль окружности плоскости 32 на диске 16, пластине 29 и ускорительном каскаде 28.

Как показано на фиг.9, 12 и 13, дугообразная распорная вставка 290 расположена внутри каждого паза 52 в форме ласточкина хвоста между донной стенкой 292 паза в

форме ласточкина хвоста, между стойками 50 диска и проходящей в осевом направлении нижней поверхностью 296 хвостовика 58 лопатки вентилятора в форме ласточкина хвоста для создания радиально наружу направленной силы или предварительной нагрузки на хвостовик лопатки в форме ласточкина хвоста для ограничения относительного движения

5 между лопаткой ротора и диском ротора. Распорная вставка 290 включает основу 300 с передней, средней и задней площадками 302, 304 и 308 соответственно крепления в форме ласточкина хвоста, расположенных вдоль основы. Основа 300 и передняя, средняя и задняя площадки 302, 304 и 308 соответственно крепления в форме ласточкина хвоста имеют изогнутые нижние поверхности 310 основы, которые непрерывны и имеют такую же

10 протяженность, как и донная стенка 292 паза в форме ласточкина хвоста. Передняя, средняя и задняя площадки 302, 304 и 308 крепления в форме ласточкина хвоста имеют подъем 312, который выступает в радиальном направлении выше основы 300 и имеет плоскую верхнюю поверхность 314. Язычок 320 распорной вставки выступает в целом в осевом направлении вперед от передней площадки 302 и включает пересекающиеся,

15 проходящие в осевом и радиальном направлениях отверстия 316 и 318 язычка соответственно. Язычок 320 распорной вставки имеет прямоугольное сечение 321 и выступает наружу от передней поверхности 322 передней площадки 302. Язычок 320 распорной вставки также имеет плоскую верхнюю поверхность 324, которая лежит в одной плоскости с плоскими верхними поверхностями 314 подъемов 312 каждой площадки.

20 Основа 300 распорной вставки и передняя, средняя и задняя площадки 302, 304 и 308 крепления в форме ласточкина хвоста и язычок 320 распорной вставки изгибаются вдоль дуги окружности, описанной вокруг радиальной оси RA, проходящей в радиальном направлении от центральной линии 11 двигателя, и лежащей в плоскости, перпендикулярной радиальной оси. В типичном варианте язычок 320 распорной вставки

25 изогнут вдоль дуги окружности как описано выше, в альтернативных вариантах он может быть под углом или отступать прямо от передней поверхности 322 передней площадки 302. Средняя площадка 304 крепления в форме ласточкина хвоста имеет вырез 340 распорной вставки под углом около 6 градусов в показанном здесь типичном варианте, и могут использоваться другие углы, обеспечивающие до 6 градусов контролируемого поворота

30 лопатки. Когда средняя площадка 304 крепления в форме ласточкина хвоста распорной вставки входит в контакт с донной стенкой 292 паза в форме ласточкина хвоста, поворот лопатки по окружности ограничивается. Средний распорный элемент предназначен для работы во взаимодействии с буфером 400 для защиты от вырвавшейся лопатки, расположенным на венце диска, который также допускает поворот до 6 градусов от

35 хвостовика лопатки. Буфер 400 для защиты от вырвавшейся лопатки и вырез 340 распорной вставки предназначены для одновременного вхождения в контакт и работают параллельно для ограничения поворота лопатки до 6 градусов.

В одном варианте осуществления изобретения полость 330 вокруг основы 300 распорной вставки и между передней и задней площадками 302 и 308 крепления в форме

40 ласточкина хвоста заполнено эластомерным материалом 332 для обеспечения мягкого взаимодействия с диском посредством окружения основного металла распорной вставки 290 эластомерным материалом как показано на фиг.13, 22, 23 и 24. С заполненной полостью распорная вставка имеет непрерывные, проходящие в осевом направлении изогнутые кромки 319, которые плавно изгибаются по дуге, лежащей в плоскости,

45 перпендикулярной радиальной оси RA и вокруг нее. Заполненная полость также придает распорной вставке постоянную конфигурацию и размер поперечного сечения A между передней и задней площадками 302 и 308 крепления в форме ласточкина хвоста. Это мягкое взаимодействие обеспечивает некоторую способность предотвращения поворота лопатки посредством удерживания поверхностей давления в полном контакте. Передняя,

50 средняя и задняя площадки 302, 304 и 308, соответственно, крепления в форме ласточкина хвоста расположены вдоль основы 300 таким образом, что пазы 70 для предотвращения разрыва располагаются между передней, средней и задней площадками 30, 304 и 308 крепления в форме ласточкина хвоста так, что площадки крепления в форме

ласточкина хвоста полностью входят в контакт с металлом диска, как показано на фиг.10.

Распорная вставка применена для удерживания лопаток радиально снаружи и предотвращения нежелательного поворота и повреждения следующих за ними лопаток вентилятора в случае разблокировки лопатки, когда освободившаяся лопатка вентилятора 5 сталкивается с первой следующей лопаткой вентилятора. Первая следующая лопатка вращается по окружности и, в случае с дугообразным креплением в форме ласточкина хвоста, это вызывает рост нагрузок в точечных районах крепления в форме ласточкина хвоста, что создает угрозу целостности крепления в форме ласточкина хвоста первой 10 следующей лопатки. Необходимо предотвращать слишком сильный поворот лопатки и возрастание нагрузки на углы.

Распорная вставка 290 скользит в паз 52 в форме ласточкина хвоста между донной стенкой 292 крепления в форме ласточкина хвоста и нижней поверхностью 296 хвостовика 58 в форме ласточкина хвоста лопатки вентилятора, после того, как лопатка 20 15 вентилятора и две соседние плоскости установлены на венце 62 диска 16. Пары противостоящих по окружности удерживающих пазов 352 прорезаны в свесах 69 соседних по окружности стоек 50 диска в осевом местоположении на заднем конце свеса 69, где свес 69 стойки 50 диска начинает отступать в осевом направлении вперед от венца 62. Распорная вставка 290 скользит назад, пока язычок 320 не откроет удерживающие пазы 352. После этого, как показано на фиг.12, используют держатель 350 для блокирования в 20 осевом направлении лопатки 20 вентилятора на месте.

Следует отметить, что распорная вставка может также быть прямой для использования в прямом пазу крепления в форме ласточкина хвоста. В таком варианте основа прямая, и передняя, средняя и задняя площадки крепления в форме ласточкина хвоста могут быть 25 прямыми в осевом направлении и располагаются по оси вдоль основы.

Как показано на фиг.14, 15 и 16, держатель 350 является в целом монолитным блоком 360, имеющим толщину D1, со стенкой 362 держателя, отступающей радиально внутрь от блока и имеющей меньшую толщину D2 стенки. Вдоль радиально-внутренней кромки 366 30 стенки держателя расположена прямоугольная полка 364, отступающая в осевом направлении вперед от стенки 362 держателя перпендикулярно ей. В типичном варианте паз 368 держателя имеет прямоугольную форму и проходит сквозь стенку 362 держателя 35 вдоль прямоугольной полки 364. Паз 368 держателя имеет конфигурацию и размеры, позволяющие язычку 320 распорной вставки скользить в пазу. В показанном здесь 35 типичном варианте паз 368 держателя образует дугу или изогнут в сторону, и в альтернативном варианте скошен относительно центральной линии 365, проходящей в осевом направлении по середине полки 364. Язычок 320 распорной вставки также изогнут, и в альтернативном варианте скошен относительно центральной линии 365 полки, как 40 можно видеть на фиг.10. Проходящее в радиальном направлении отверстие 370 полки проходит сквозь прямоугольную полку 364 и располагается так, что оно совпадает с проходящим в радиальном направлении отверстием 318 язычка. Выступающая площадка 40 371 держателя отступает назад от задней стороны 374 держателя 350. Площадка 372 держателя имеет конфигурацию, приспособленную для эффективного вхождения в контакт с передней в осевом направлении плоскостью 414 хвостовика 58 в форме ласточкина хвоста, как показано на фиг.17 и 18. Перед установкой держателя 350, между лопаткой 20, передними ребрами 271 жесткости и плоскостью устанавливают передний уплотнитель 45 410 и запирают на месте держателем 350. Передний уплотнитель 410 закрывает потенциальные пути протечки у передней кромки лопатки без внесения усложнения боковых уплотнителей плоскости, прикрепленных к кромкам 262 и 264 сторон повышенного давления и разрежения, соответственно, плоскости 32.

После того, как распорная вставка со скольжением вставлена по направлению назад в 50 паз 52 в форме ласточкина хвоста, держатель поднимают из положения под свесами 69 стоек 50 диска в противостоящие по окружности удерживающие пазы 352. Когда держатель 350 находится на месте в удерживающих пазах 352, он проходит поперек паза 52 в форме ласточкина хвоста, удерживая в осевом направлении хвостовик 58 в форме ласточкина

хвоста лопатки вентилятора в пазу 52 в форме ласточкина хвоста. Распорную вставку 290 перемещают со скольжением вперед, и прямоугольный язычок 320 распорной вставки скользит в паз 368 держателя. Это может осуществляться с использованием инструмента, который легко входит в зацепление и выходит из зацепления с язычком 320 распорной вставки при помощи проходящего в осевом направлении отверстия 316. Язычок 320 распорной вставки и распорная вставка 290 располагаются так, что отверстие 370 полки совпадает с проходящим в радиальном направлении отверстием 318 язычка. Затем болт 373 распорной вставки, имеющий головку 379 болта и резьбовой стержень 376 болта вставляют снизу в отверстие 370 полки вверх, сквозь проходящее в радиальном направлении отверстие 318 язычка. Затем гайку 378 распорной вставки навинчивают и затягивают на стержне 376 болта так, что гайка распорной вставки входит в зацепление с язычком 320 распорной вставки, и головка 379 болта распорной вставки входит в зацепление с прямоугольной полкой 364.

Как показано на фиг.26 и 27, боковые уплотнители плоскостей, обозначенные и показанные здесь как уголковые уплотнители 403 и 401 сторон повышенного давления и разрежения соответственно, имеют плоские основания 402 уплотнителей, прикрепленные или приклеенные, например, эпоксидной смолой, к внутренней поверхности 236 плоскости 32 и проходящие в осевом направлении вдоль нее. Уголковые уплотнители 403 и 401 сторон повышенного давления и разрежения расположены между задним и передним ребрами 270 и 271 жесткости и боковыми кромками 262 и 264 повышенного давления и разрежения соответственно. Ветви 404 уголковых уплотнителей отступают радиально внутрь от оснований 402 уплотнителей. Уголковые уплотнители 403 и 401 сторон повышенного давления и разрежения имеют поперечное сечение, которое изменяется вдоль осевой длины уголковых уплотнителей для соответствия конфигурации лопатки 20 вентилятора, относительно которой они обеспечивают уплотнение.

Как показано на фиг.17 и 18, перед установкой держателя 350, в кольцевое пространство 412, сформированное между лопаткой 20, передними ребрами 271 жесткости соседних плоскостей 32 и внутренней поверхностью 236 соседних плоскостей, передней плоской поверхностью 414 вдоль хвостовика 58 в форме ласточкина хвоста и выемкой 416 между передней плоской поверхностью 414 и передней кромкой LE аэродинамической секции 56, вставляют передний уплотнитель 410. В типичном варианте осуществления изобретения передние уплотнители 410 имеют цилиндрическую конфигурацию. Каждый из передних уплотнителей 410 вставляют вверх через удерживающие пазы 352 так, что они упираются и создают уплотнение между лопаткой 20, передними ребрами 271 жесткости кромок 262 и 264 сторон повышенного давления и разрежения соседних плоскостей 32 и внутренними поверхностями 236 соседних плоскостей 32. После этого вставляют держатель 350. Передние уплотнители 410 и уголковые уплотнители 403 и 401 сторон повышенного давления и разрежения выполнены из силикона или какого-либо другого эластомерного материала.

К кольцевой монтажной пластине 29 прикреплен или приклеен, например, эпоксидной смолой кольцевой задний уплотнитель 430. Задний уплотнитель 430 в типичном варианте осуществления изобретения имеет круглое поперечное сечение и может быть описан как кольцо. Задний уплотнитель 430 расположен вдоль кольцевой монтажной пластины 29 и радиально изнутри относительно плоскостей 32 таким образом, что он уплотняет зазор, образованный между монтажной пластиной, задней кромкой TE лопатки 20 и соседними плоскостями вблизи лопатки.

Как показано на фиг.2, 3, 9 и 10, на передней проушине 34 диска расположен мягкий буфер 400 диска вентилятора для защиты от вырвавшейся лопатки, предназначенный для предотвращения удара лопатки 20 вентилятора, высвободившейся в случае ее разблокировки, о соседнюю следующую за ней лопатку вентилятора. Буфер 400 для защиты от вырвавшейся лопатки включает выступающий в направлении по окружности прилив 440 на передней проушине 34 диска и отступает к стороне 57 разрежения аэродинамической секции 56 лопатки 20 вентилятора, показанной прерывистой линией на

фиг.10. Соседняя следующая лопатка вентилятора поворачивается по окружности и, для лопатки вентилятора с дугообразным хвостовиком в форме ласточкина хвоста поворот вызывает возрастание нагрузки в точечных районах хвостовика в форме ласточкина хвоста, которое создает опасность нарушения целостности хвостовика в форме ласточкина хвоста. Требуется предотвращение слишком сильного поворота лопатки и возрастания нагрузки на углы. Буфер 400 для защиты от вырвавшейся лопатки предназначен для взаимодействия с лопаткой 20 вентилятора, которая имеет отверстия 432 для облегчения лопатки вентилятора, показанные на фиг.11. Буфер 400 для защиты от вырвавшейся лопатки расположен в осевом направлении таким образом, чтобы обеспечивать контакт в осевом направлении в местоположении контакта 434 между отверстиями 432 для облегчения лопатки вентилятора, а не в районе отверстия для облегчения лопатки вентилятора. Для дополнительного обеспечения минимизации нагрузки буфер 400 для защиты от вырвавшейся лопатки имеет большую ширину, чем известные подобные буферы, и проходит в осевом направлении от центральной линии 435 отверстия одного отверстия 432 для облегчения лопатки вентилятора до центральной линии соседнего отверстия для облегчения лопатки вентилятора. Проходящий в направлении по окружности прилив 440 включает обращенную в направлении по окружности поверхность 442 буфера, которая обращена к стороне 57 разрезания и имеет мягкое покрытие 436, выполненное из металлического материала, такого как материал, нанесенный термическим напылением. Мягкое покрытие 436 предназначено для вхождения в контакт с лопаткой 20 вентилятора, и покрытие выполнено из материала, который мягче, чем материал, из которого выполнена лопатка вентилятора, что, таким образом, уменьшает повреждение лопатки. В типичном варианте осуществления изобретения поверхность 442 буфера имеет конфигурацию, соответствующую конфигурации лопатки 20 в районе контакта 434 в осевом направлении.

Как показано на фиг.6, 7 и 8, к переднему фланцу 90 переднего удлинения 86 и, таким образом, к диску 16 прикреплен обтекатель 104. Обтекатель 104, как показано здесь в типичном варианте осуществления изобретения, имеет полый корпус по существу конической конфигурации и является по существу цельным обтекателем. Обтекатель 104 имеет вершину 106, от которой назад отступает коническая секция 107, проходящая к переходной секции 108. Задняя коническая секция 109 проходит назад от переходной секции 108. Передняя и задняя конические секции 107 и 109 имеют разные углы конусности. Множество приливов 110 распределены по окружности по внутренней поверхности 112 обтекателя 104 и показаны здесь в положении в осевом направлении, в целом соответствующем положению переходной секции 108 между передней и задней коническими секциями 107 и 109 обтекателя. Множество расточенных отверстий 117 в приливах примыкают в осевом направлении и находятся перед соосными с ними болтовыми отверстиями 118 в обтекателе 104. Каждое из расточенных отверстий 117 и соответствующие им болтовые отверстия 118 проходят в осевом направлении параллельно центральной линии 11 сквозь обтекатель 104 и каждый из приливов 110. Болты 120 обтекателя проходят сквозь болтовое отверстие 118 и ввинчены в гайки 122 обтекателя, обжатые в передних болтовых отверстиях 100 в кольцевом переднем фланце 90, и крепят обтекатель 104 на кольцевом переднем фланце 90 и диске 16. Гайки 122 обтекателя являются гайками со стволем, который предотвращает вращение гайки, когда она обжата в переднем болтовом отверстии.

Задний фланец 126 обтекателя прикреплен к заднему в осевом направлении концу 128 обтекателя задней конической секции 109 обтекателя 104. По заднему фланцу обтекателя по окружности распределено множество отверстий 134 для облегчения фланца, проходящих в осевом направлении сквозь задний фланец 126 обтекателя. Отверстия 134 для облегчения фланца имеют достаточно большой размер, обеспечивающий получение большого зазора, позволяющего резьбовым передним частям штифтов 220 плоскости легко проходить через отверстия для облегчения фланца, когда обтекатель присоединяют и прикрепляют к переднему фланцу 90 переднего удлинения 86. Типичный вариант осуществления изобретения имеет больше отверстий 134 для облегчения фланца, чем

штифтов 220 плоскости. Обтекатель 104 показан здесь как имеющий биконическую конфигурацию, имеющую переднюю коническую секцию 107 и заднюю коническую секцию 109, соединенные переходной секцией 108. Настоящее изобретение предполагает и другие конфигурации.

5 Штифты 220 плоскостей в отверстиях 214 стоек обеспечивают удерживание передней части плоскости в радиальном направлении. Передние монтажные проушины 40 плоскостей 32 заблокированы между обращенной вперед кольцевой поверхностью 142 венца 62 и задним фланцем 126 обтекателя и, таким образом, обеспечивают удерживание плоскости в целом в осевом направлении.

10 Хотя здесь было описано то, что рассматривается как предпочтительные и типичные варианты осуществления настоящего изобретения, специалистам в данной области техники из изложенного здесь будут очевидны другие модификации и, таким образом, в следующей формуле изобретения следует зафиксировать все такие модификации, как входящие в рамки сущности и объема изобретения.

15

Формула изобретения

1. Диск ротора газотурбинного двигателя, содержащий ряд кольцевых ступиц, окружающих центральную линию, причем упомянутые ступицы соединены с венцом диска соответствующими перемычками,
 - 20 множество разнесенных по окружности пазов в форме ласточкина хвоста, расположенных в венце, проходящих по окружности между стойками диска, проходящих в осевом направлении от переднего конца к заднему концу венца и выступающих в радиальном направлении внутрь из наружной поверхности венца диска,
 - 25 проходящие по окружности кольцевые пазы для предотвращения разрыва, проходящие в радиальном направлении через венец в пазы в форме ласточкина хвоста между каждой парой соседних перемычек,
 - причем каждый из пазов для предотвращения разрыва имеет сечение с конфигурацией стрельчатого свода с радиально наружным радиусом оживальной кривой и радиально внутренним радиусом оживальной кривой, при этом радиально внутренний радиус оживальной кривой существенно больше, чем радиально наружный радиус оживальной кривой, и
 - закругленные каналы между перемычками, имеющие радиально внутренние и наружные округления, проходящие по оси между упомянутыми перемычками и по радиусу между упомянутым венцом и упомянутыми ступицами.
 - 35 2. Диск ротора газотурбинного двигателя по п.1, в котором пазы в форме ласточкина хвоста являются дугообразными пазами в форме ласточкина хвоста.
 3. Диск ротора газотурбинного двигателя по п.2, дополнительно содержащий проходящий в осевом направлении вперед свес, расположенный радиально снаружи на каждой из стоек диска.
 - 40 4. Диск ротора газотурбинного двигателя по п.3, дополнительно содержащий подрезы, сформированные под плоскостями давления паза в форме ласточкина хвоста на стойках вдоль дугообразных пазов в форме ласточкина хвоста.
 5. Диск ротора газотурбинного двигателя по п.2, дополнительно содержащий подрезы, сформированные под плоскостями давления паза в форме ласточкина хвоста на стойках
 - 45 вдоль дугообразных пазов в форме ласточкина хвоста.
 6. Диск ротора газотурбинного двигателя по п.3, дополнительно содержащий скос на радиально наружном углу каждой стойки диска на части свеса.
 7. Диск ротора газотурбинного двигателя по п.3, дополнительно содержащий множество отверстий стоек, проходящих в осевом направлении назад в кольцевые поверхности венца
 - 50 на передней стороне венца.
 8. Диск ротора газотурбинного двигателя по п.7, в котором каждое из отверстий стоек проходит в осевом направлении назад в соответствующую одну из стоек диска.
 9. Диск ротора газотурбинного двигателя по п.8, дополнительно содержащий переднюю

и заднюю проушины диска, отступающие радиально наружу от стоек диска по наружной поверхности диска.

10. Диск ротора газотурбинного двигателя, содержащий

ряд кольцевых ступиц, окружающих центральную линию, причем каждая из упомянутых
5 ступиц соединена с венцом диска перемычкой,

множество разнесенных по окружности дугообразных пазов в форме ласточкина хвоста, расположенных в венце, проходящих по окружности между стойками диска, проходящих в осевом направлении от переднего конца к заднему концу венца и выступающих в радиальном направлении внутрь из наружной поверхности венца диска,

10 выступающий вперед в осевом направлении свес, расположенный радиально снаружи на каждой из стоек диска,

проходящие по окружности кольцевые пазы для предотвращения разрыва, проходящие в радиальном направлении через венец в пазы в форме ласточкина хвоста между каждой парой соседних перемычек,

15 причем каждый из пазов для предотвращения разрыва имеет сечение с конфигурацией стрельчатого свода с радиально наружным радиусом оживальной кривой и радиально внутренним радиусом оживальной кривой, при этом радиально внутренний радиус оживальной кривой существенно больше, чем радиально наружный радиус оживальной кривой, и

20 кольцевое переднее удлинение, имеющее кольцевой передний фланец и соединенное с кольцевым передним кронштейном, отступающим вперед от самой передней из перемычек.

11. Диск ротора газотурбинного двигателя по п.10, в котором упомянутое кольцевое переднее удлинение имеет задний фланец, прикрепленный болтами к кольцевому

25 переднему кронштейну.

12. Диск ротора газотурбинного двигателя, содержащий

ряд кольцевых ступиц, окружающих центральную линию, причем каждая из упомянутых ступиц соединена с венцом диска перемычкой,

30 множество разнесенных по окружности дугообразных пазов в форме ласточкина хвоста, расположенных в венце, проходящих по окружности между стойками диска, проходящих в осевом направлении от переднего конца к заднему концу венца и выступающих в радиальном направлении внутрь из наружной поверхности венца диска,

35 проходящие по окружности кольцевые пазы для предотвращения разрыва, проходящие в радиальном направлении через венец в пазы в форме ласточкина хвоста между каждой парой соседних перемычек,

40 причем каждый из пазов для предотвращения разрыва имеет сечение с конфигурацией стрельчатого свода с радиально наружным радиусом оживальной кривой и радиально внутренним радиусом оживальной кривой, при этом радиально внутренний радиус оживальной кривой существенно больше, чем радиально наружный радиус оживальной кривой,

кольцевое переднее удлинение, имеющее кольцевой передний фланец, причем упомянутое кольцевое переднее удлинение соединено с кольцевым передним кронштейном, выступающим вперед из самой передней из перемычек, и

45 задний фланец удлинения, прикрепленный болтами к упомянутому кольцевому переднему кронштейну.

13. Диск ротора газотурбинного двигателя по п.12, дополнительно содержащий подрезы, сформированные под плоскостями давления паза в форме ласточкина хвоста на стойках вдоль дугообразных пазов в форме ласточкина хвоста.

14. Диск ротора газотурбинного двигателя, содержащий

50 ряд кольцевых ступиц, окружающих центральную линию, причем каждая из упомянутых ступиц соединена с венцом диска перемычкой,

множество разнесенных по окружности дугообразных пазов в форме ласточкина хвоста, расположенных в венце, проходящих по окружности между стойками диска, проходящих в

осевом направлении от переднего конца к заднему концу венца и выступающих в радиальном направлении внутрь из наружной поверхности венца диска,

проходящие по окружности кольцевые пазы для предотвращения разрыва, проходящие в радиальном направлении через венец в пазы в форме ласточкина хвоста между каждой парой соседних перемычек,

причем каждый из пазов для предотвращения разрыва имеет сечение с конфигурацией стрельчатого свода с радиально наружным радиусом оживальной кривой и радиально внутренним радиусом оживальной кривой, при этом радиально внутренний радиус оживальной кривой существенно больше, чем радиально наружный радиус оживальной кривой,

выступающий вперед в осевом направлении свес, расположенный радиально снаружи на каждой из стоек диска, и

передние и задние проушины, проходящие по радиусу наружу из стоек вдоль наружной поверхности венца диска.

15. Диск ротора газотурбинного двигателя по п.14, дополнительно содержащий скос на радиально наружном углу каждой стойки диска на части свеса.

16. Диск ротора газотурбинного двигателя по п.15, дополнительно содержащий подрезы, сформированные под плоскостями давления паза в форме ласточкина хвоста на стойках вдоль дугообразных пазов в форме ласточкина хвоста.

17. Диск ротора газотурбинного двигателя по п.16, дополнительно содержащий множество отверстий стоек, проходящих в осевом направлении назад в упомянутый венец, причем каждое из отверстий стоек проходит в осевом направлении назад в соответствующую одну из стоек диска.

18. Диск ротора газотурбинного двигателя по п.17, дополнительно содержащий кольцевое переднее удлинение, имеющее кольцевой передний фланец и соединенное с кольцевым передним кронштейном, отступающим вперед от самой передней из перемычек.

19. Диск ротора газотурбинного двигателя по п.18, в котором кольцевое переднее удлинение имеет задний фланец удлинения, прикрепленный болтами к упомянутому кольцевому переднему кронштейну.

20. Диск ротора газотурбинного двигателя по п.18, дополнительно содержащий множество распределенных по окружности отверстий для облегчения удлинения, проходящих сквозь кольцевое переднее удлинение.

21. Диск ротора газотурбинного двигателя, содержащий ряд кольцевых ступиц, окружающих центральную линию, причем каждая из упомянутых ступиц соединена с венцом диска перемычкой,

множество разнесенных по окружности дугообразных пазов в форме ласточкина хвоста, расположенных в венце, проходящих по окружности между стойками диска, проходящих в осевом направлении от переднего конца к заднему концу венца и выступающих в радиальном направлении внутрь из наружной поверхности венца диска,

проходящие по окружности кольцевые пазы для предотвращения разрыва, проходящие в радиальном направлении через венец в пазы в форме ласточкина хвоста между каждой парой соседних перемычек,

выступающий вперед в осевом направлении свес, расположенный радиально снаружи на каждой из стоек диска,

передние и задние проушины, проходящие по радиусу наружу из стоек вдоль наружной поверхности венца диска,

скос на радиально наружном углу каждой стойки диска на части свеса,

множество отверстий стоек, проходящих в осевом направлении назад в упомянутый венец, причем каждое из отверстий стоек проходит в осевом направлении назад в

соответствующую одну из стоек диска, при этом подрезы сформированы под плоскостями давления паза в форме ласточкина хвоста на стойках вдоль дугообразных пазов в форме ласточкина хвоста, и

кольцевое переднее удлинение, имеющее кольцевой передний фланец и соединенное с

кольцевым передним кронштейном, выступающим вперед из самой передней из перемычек, причем кольцевое переднее удлинение отлито как единое целое с кольцевым передним кронштейном.

5 22. Диск ротора газотурбинного двигателя по п.21, дополнительно содержащий множество распределенных по окружности отверстий для облегчения удлинения, проходящих сквозь кольцевое переднее удлинение.

10

15

20

25

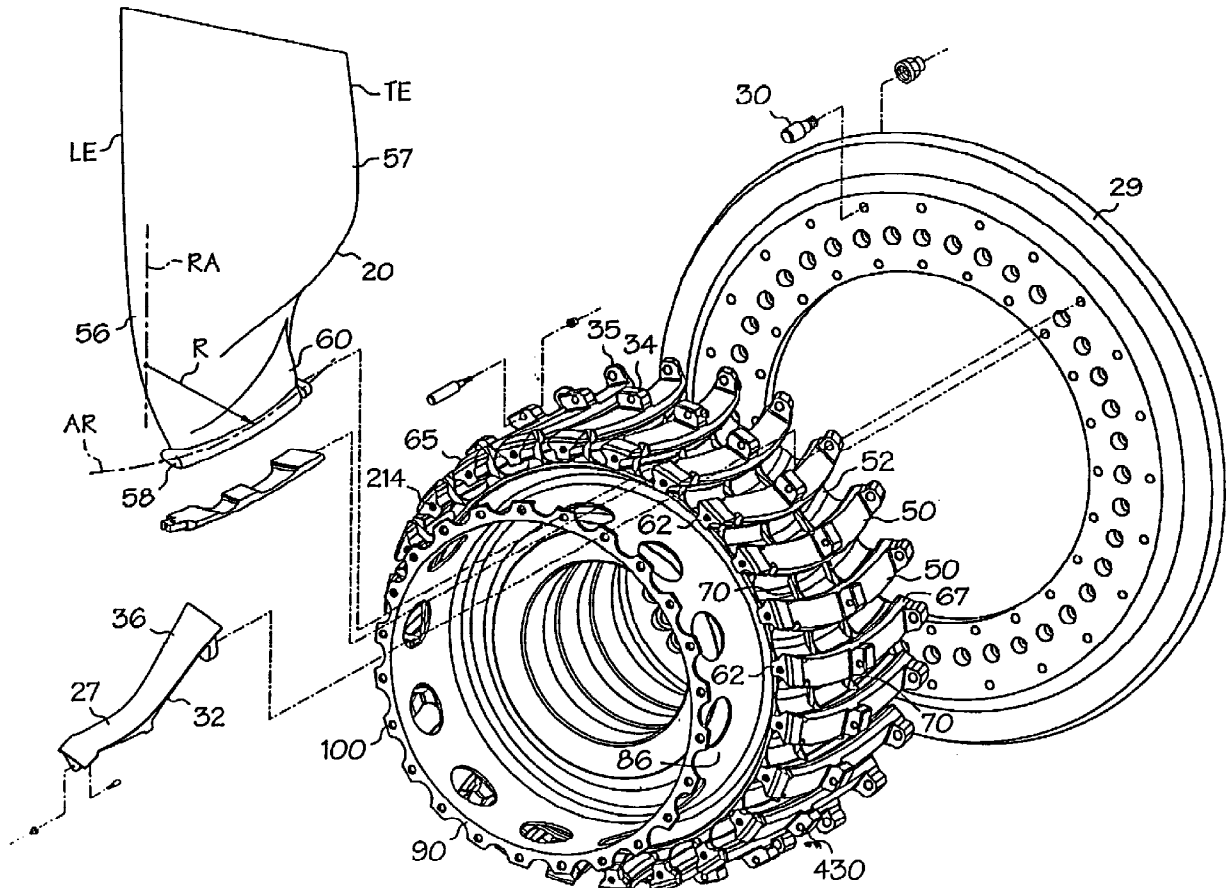
30

35

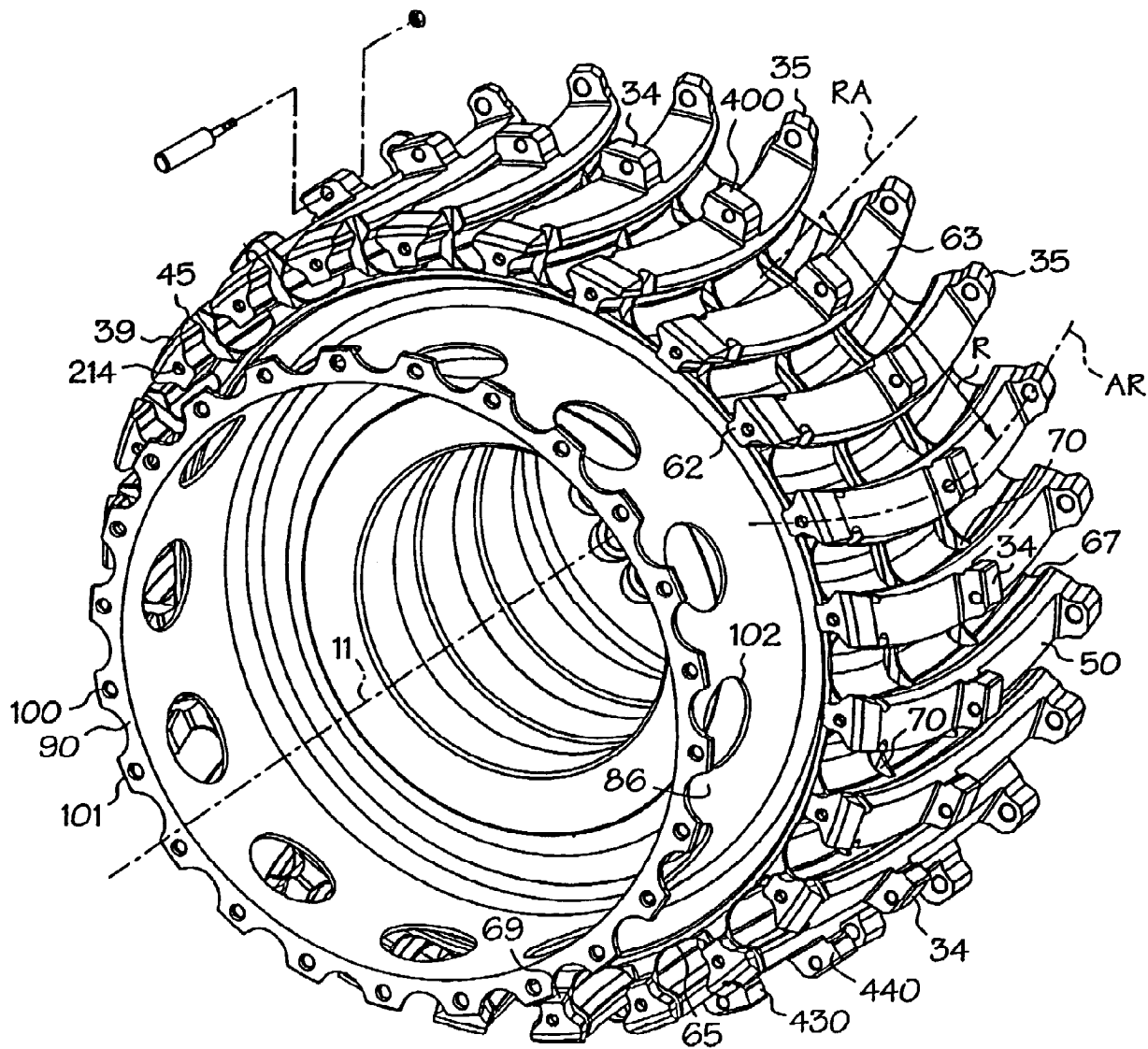
40

45

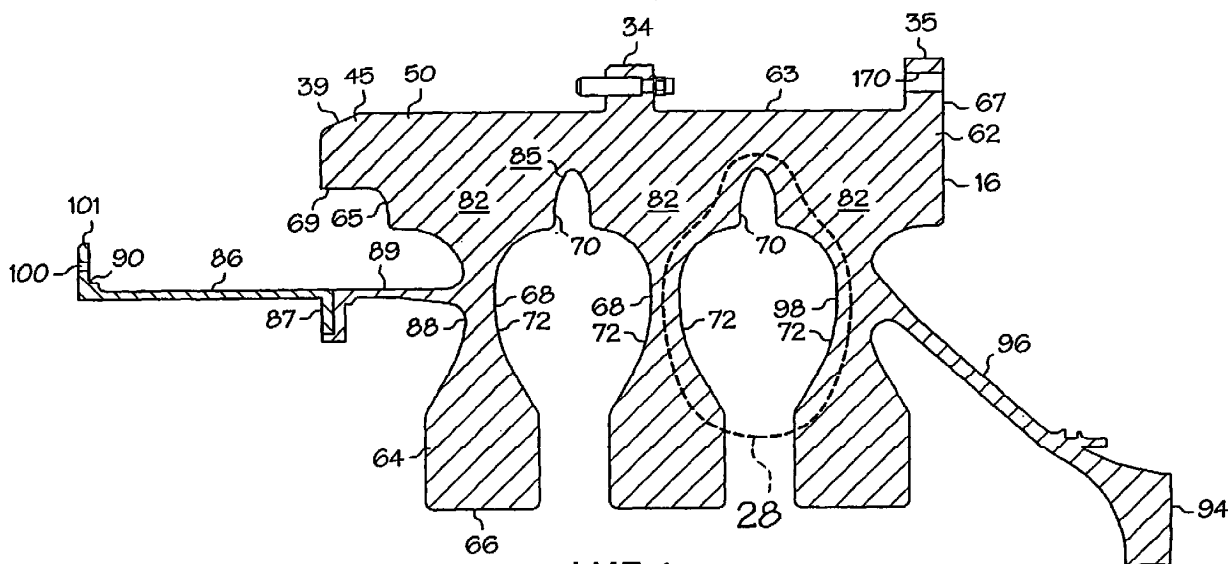
50



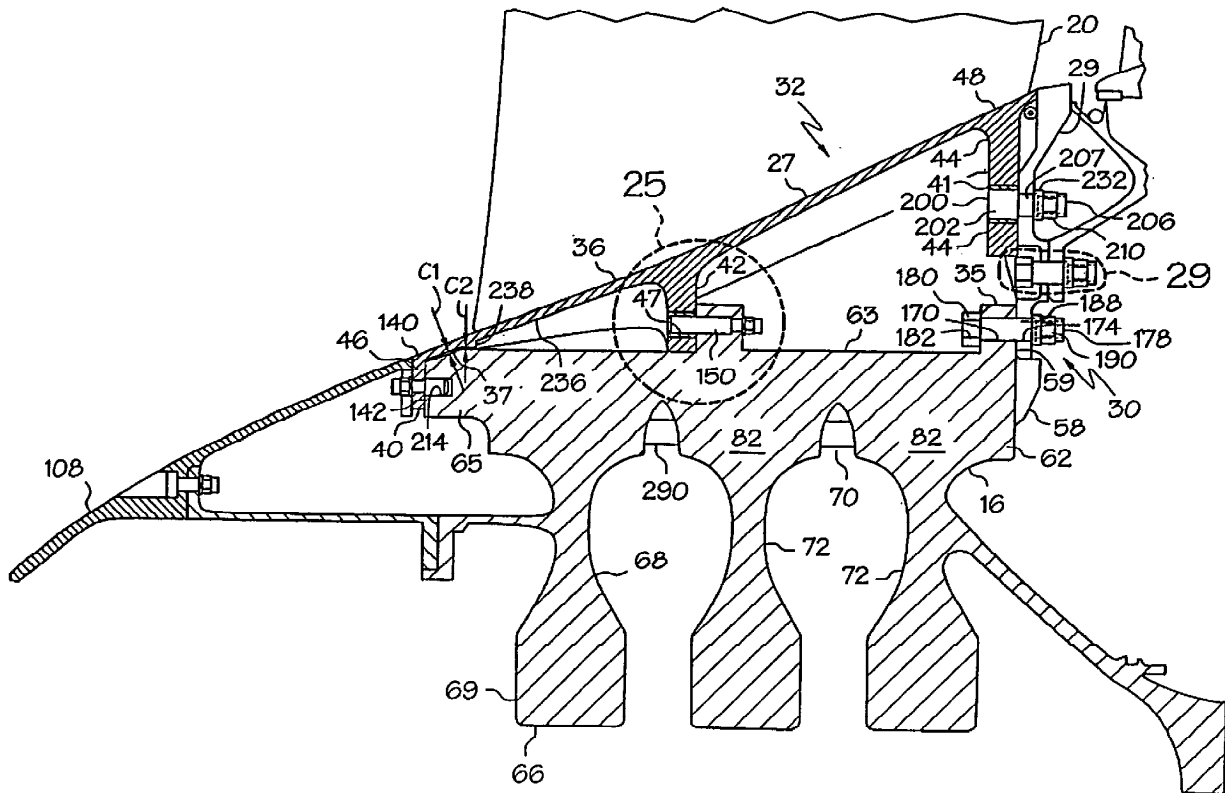
ФИГ.2



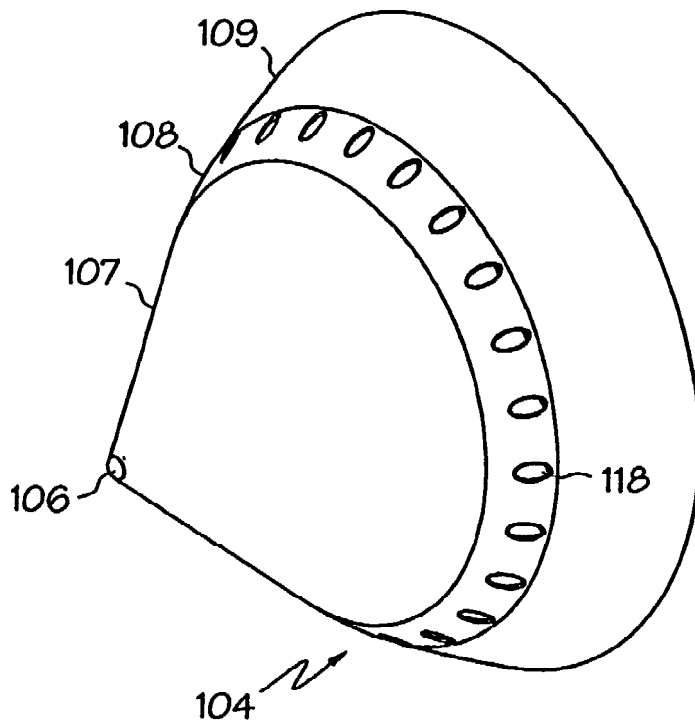
ФИГ.3



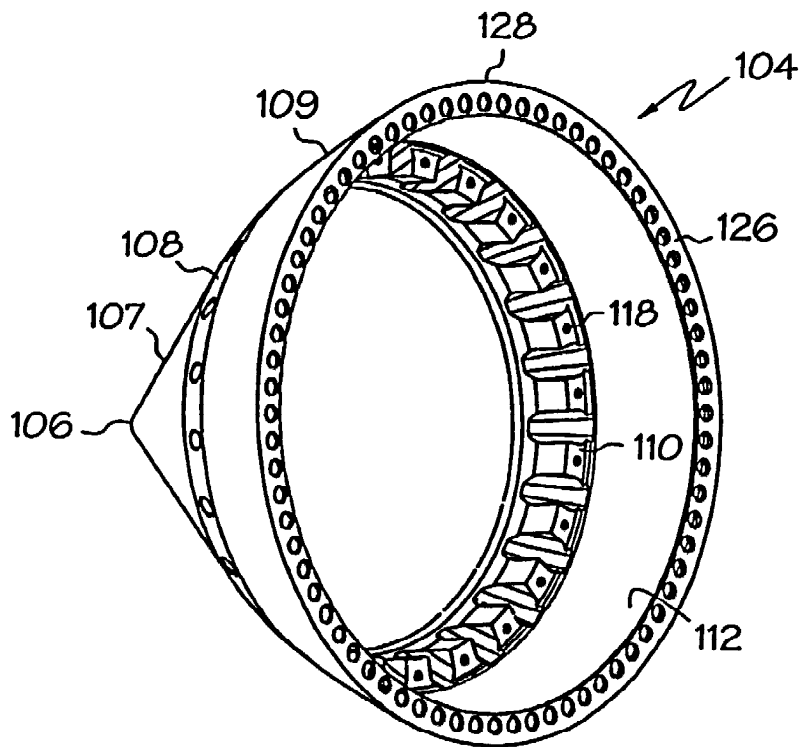
ФИГ.4



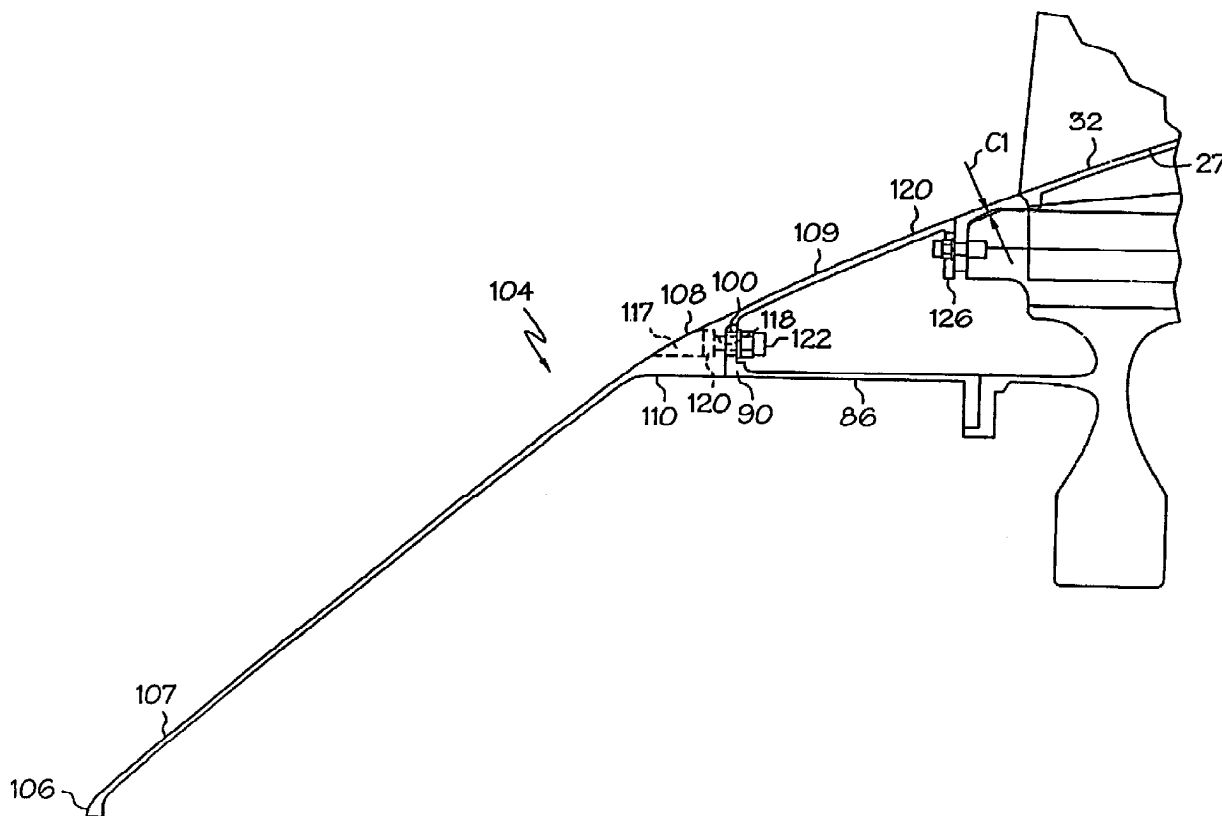
ФИГ.5



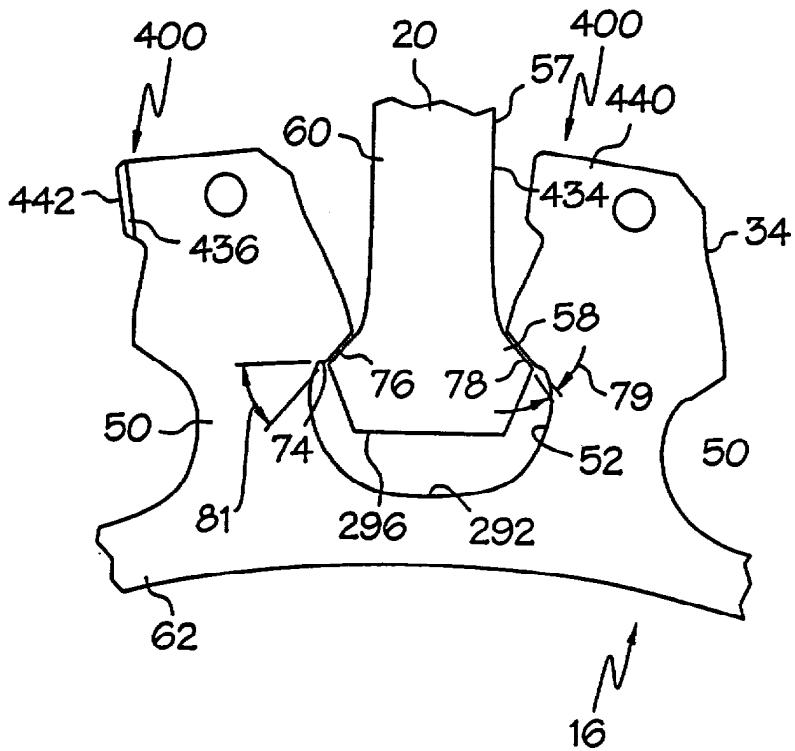
ФИГ.6



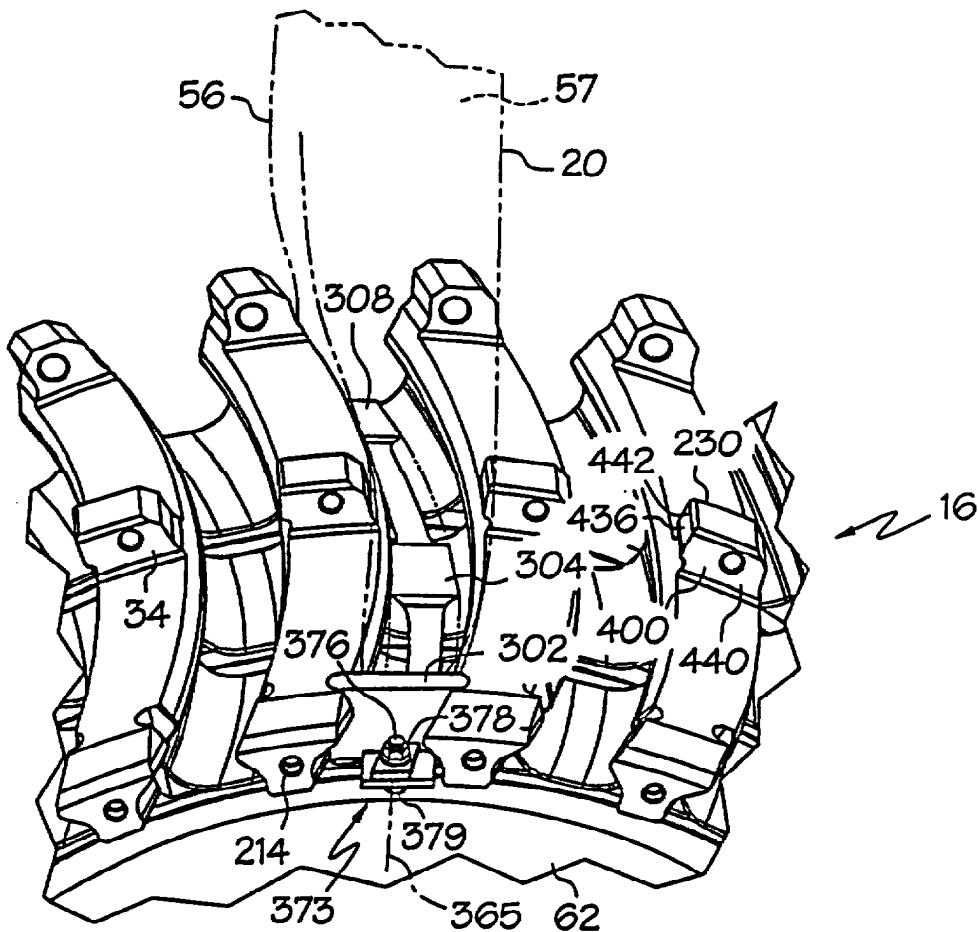
ФИГ.7



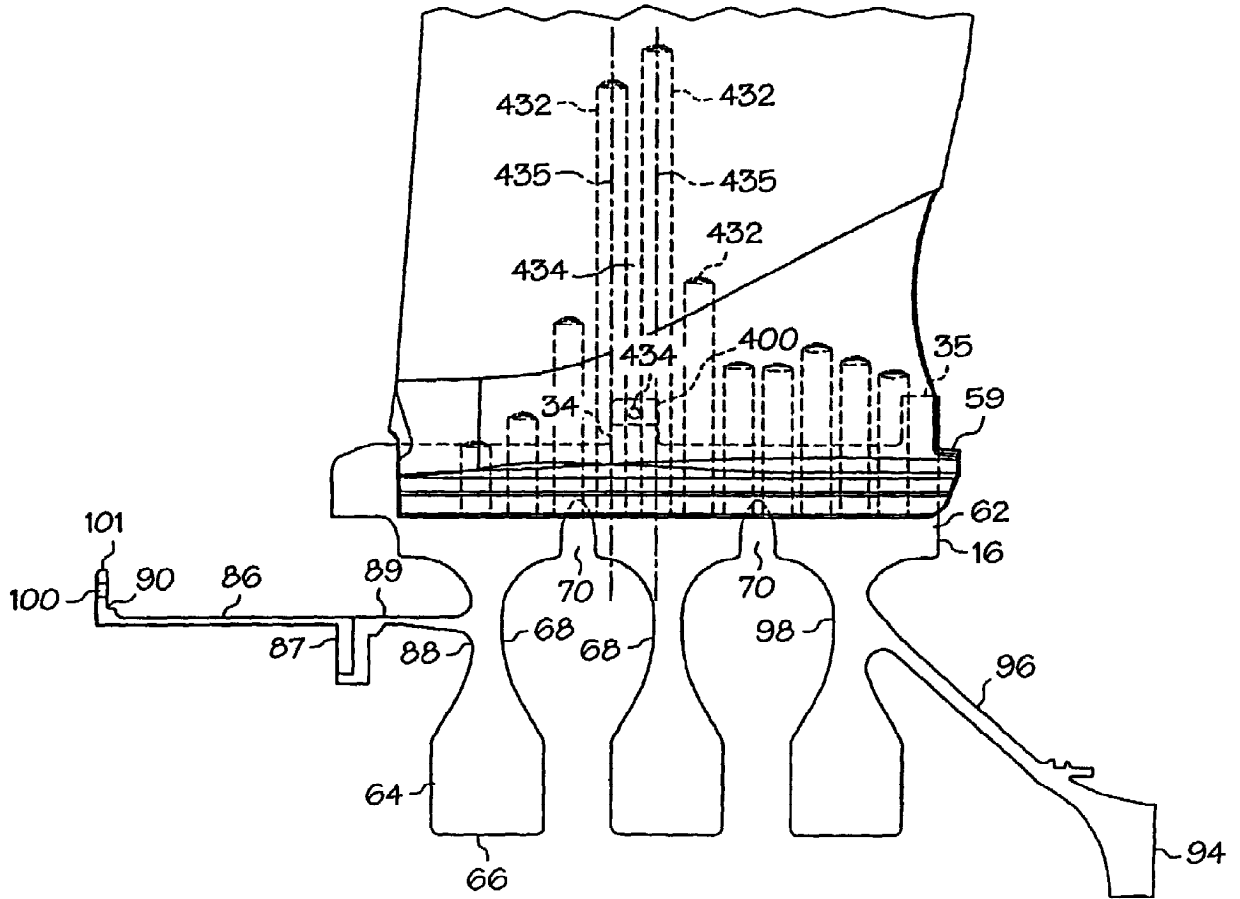
ФИГ.8



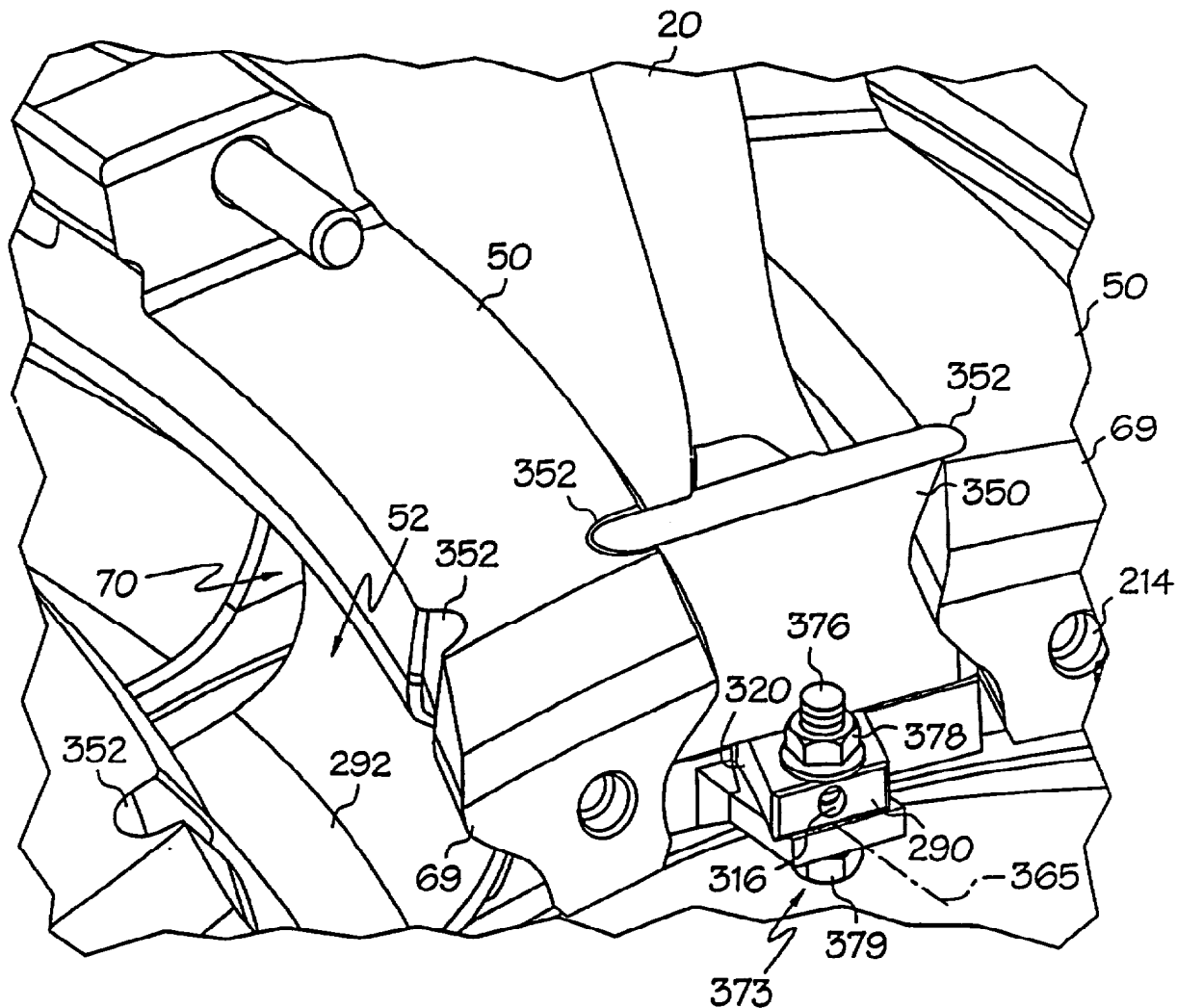
ФИГ.9



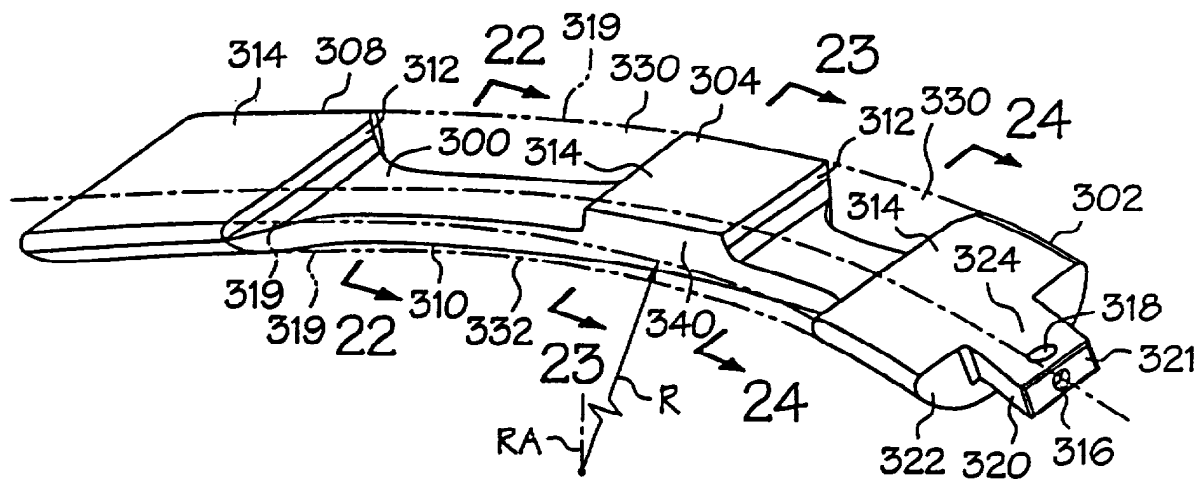
ФИГ.10



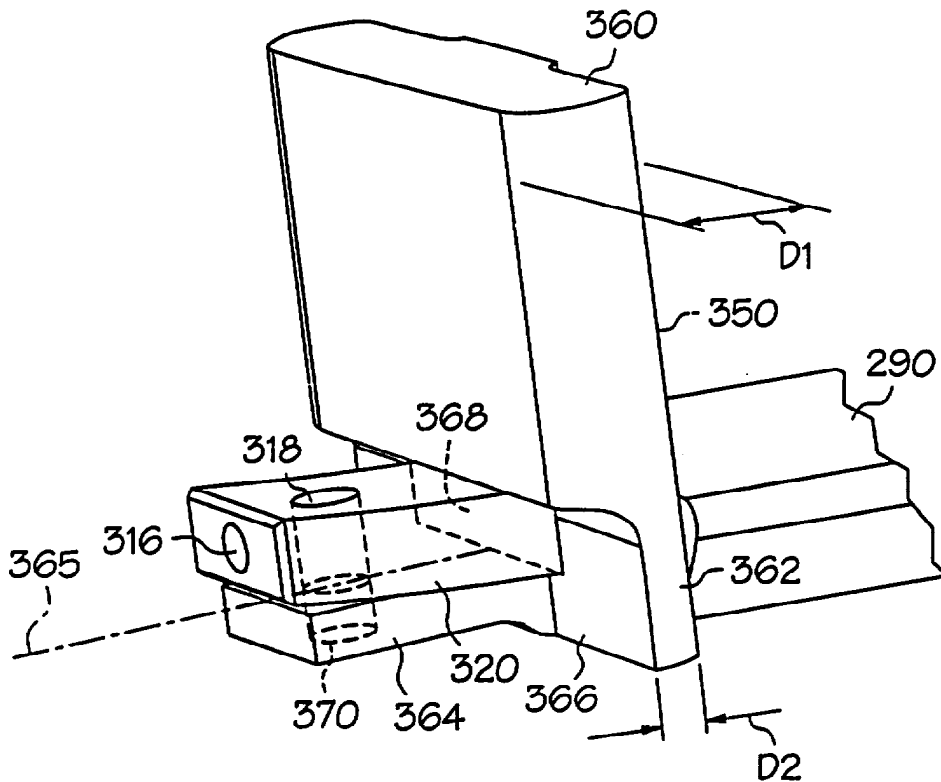
ФИГ. 11



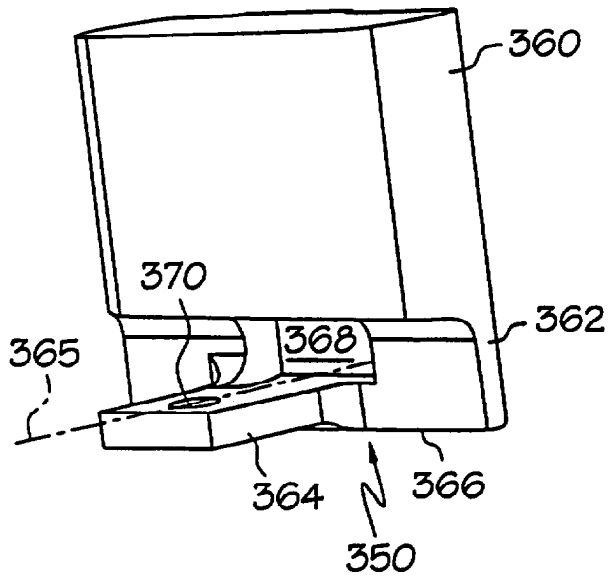
ФИГ.12



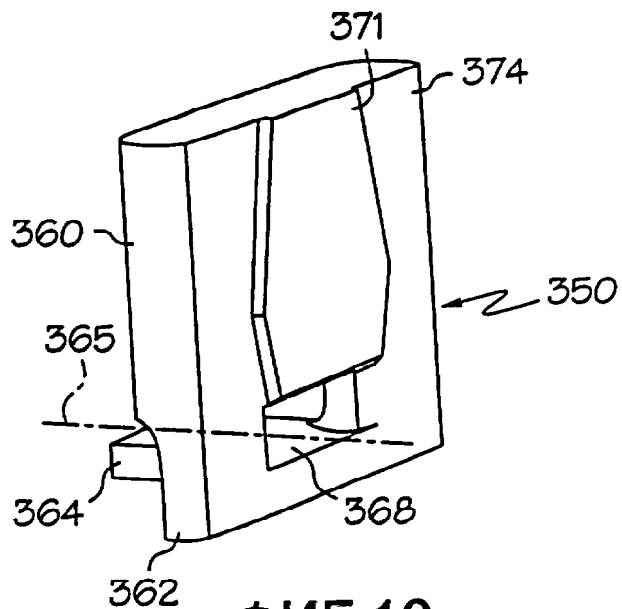
ФИГ.13



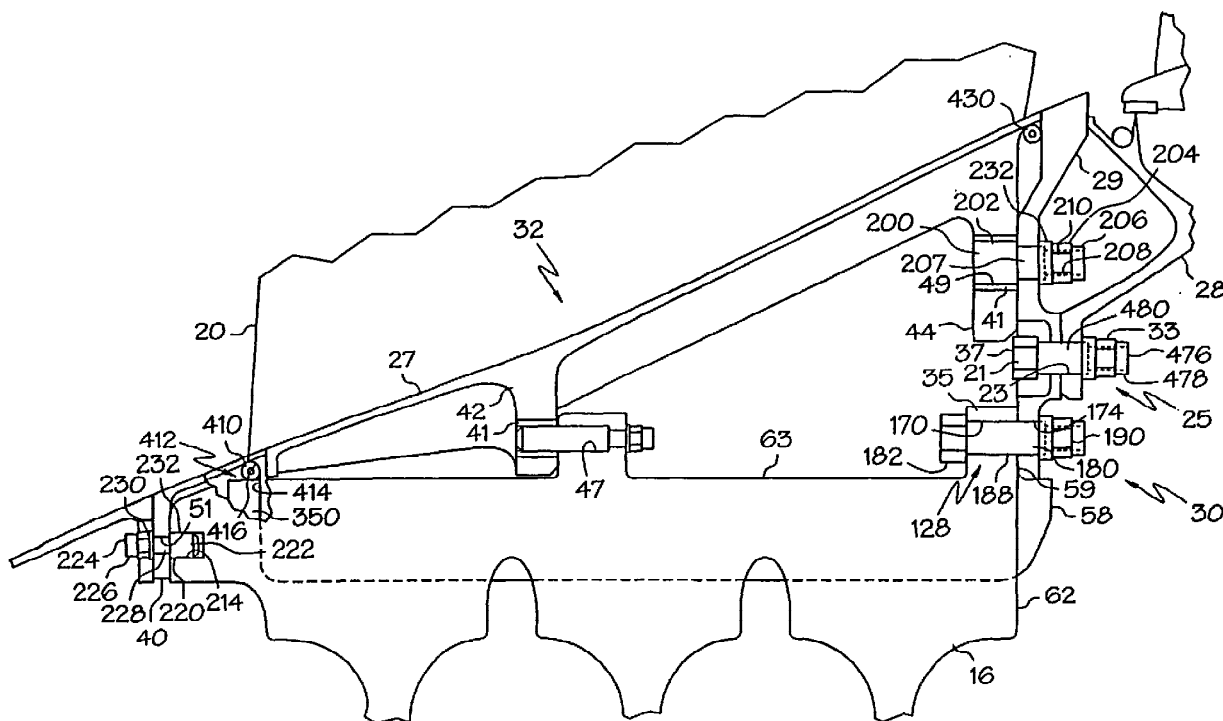
ФИГ.14



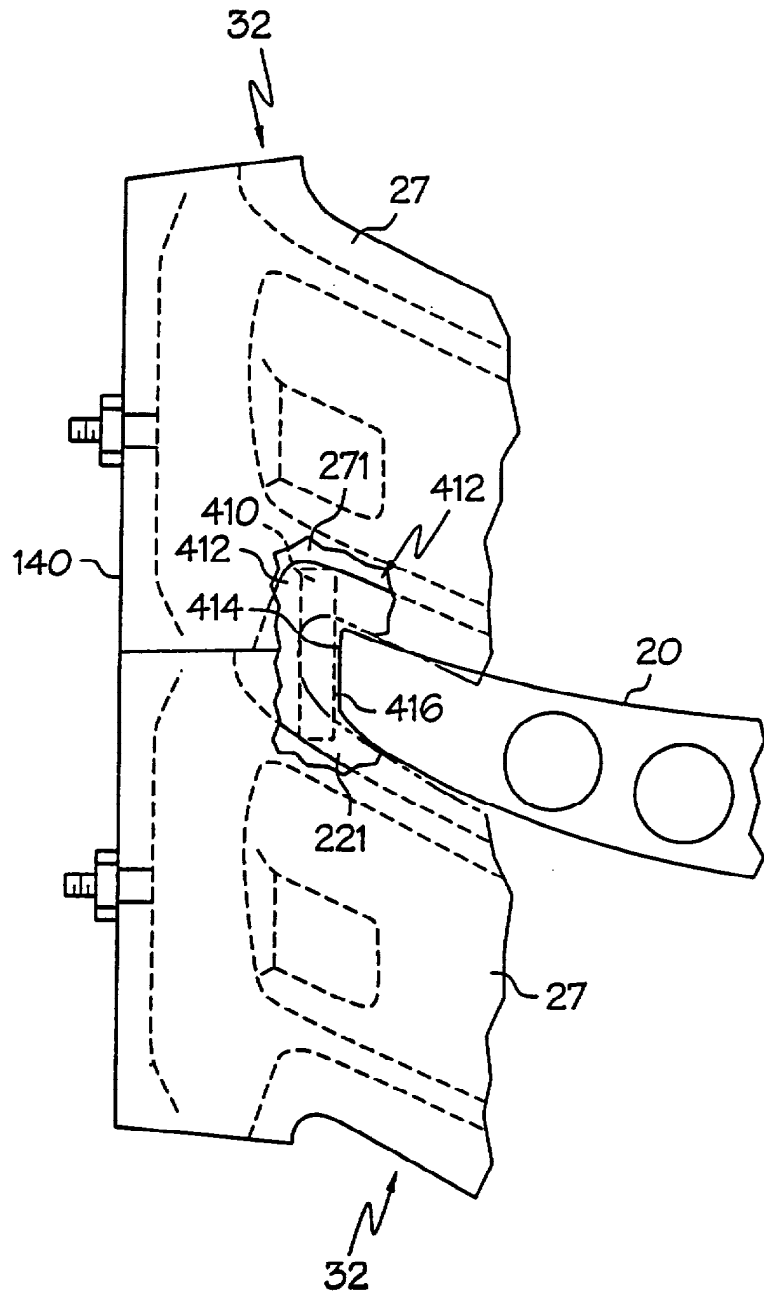
ФИГ.15



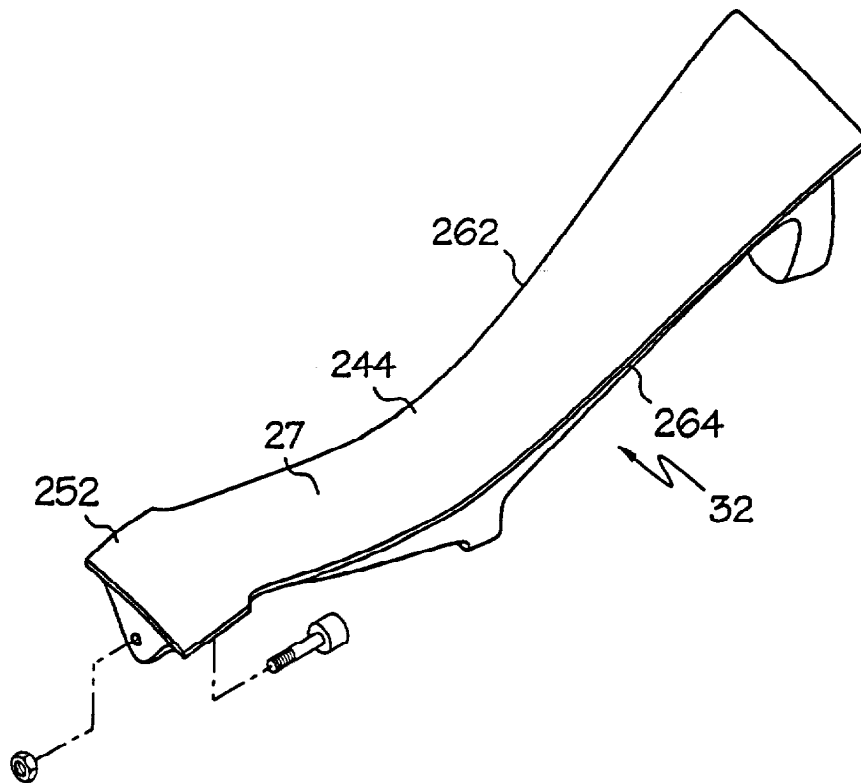
ФИГ.16



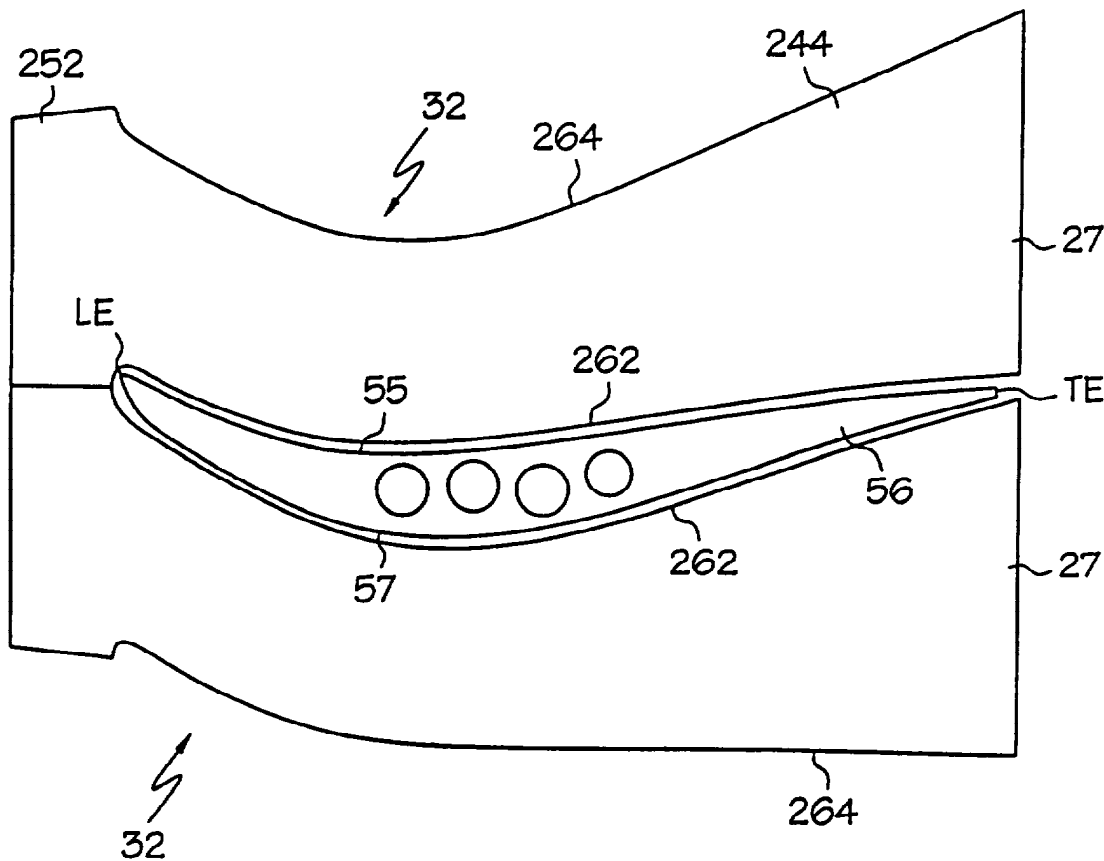
ФИГ.17



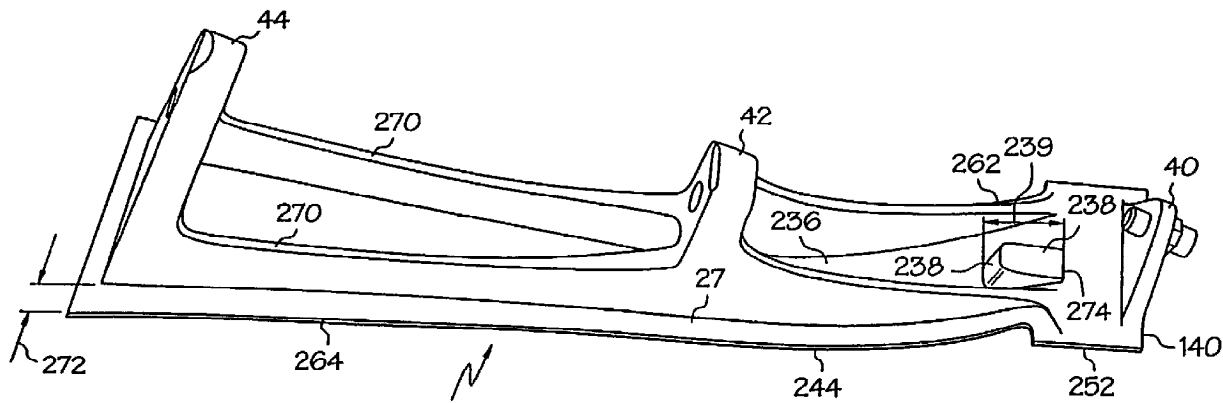
ФИГ.18



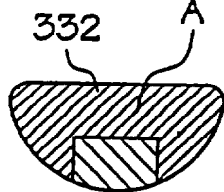
ФИГ.19



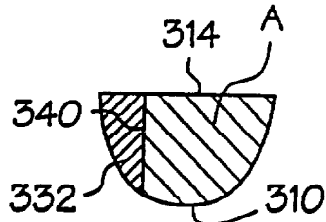
ФИГ.20



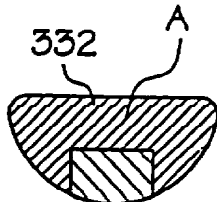
ФИГ.21



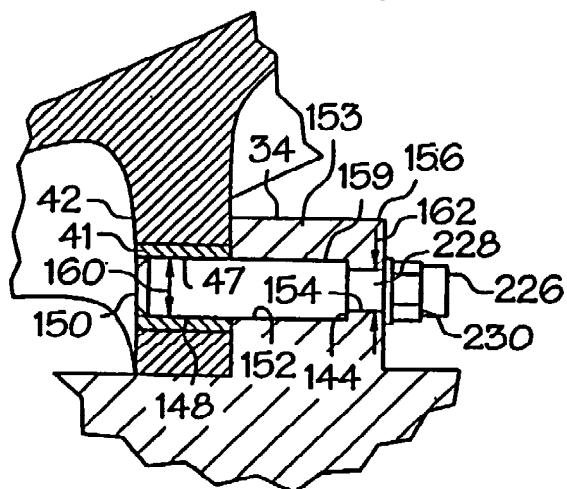
ФИГ.22



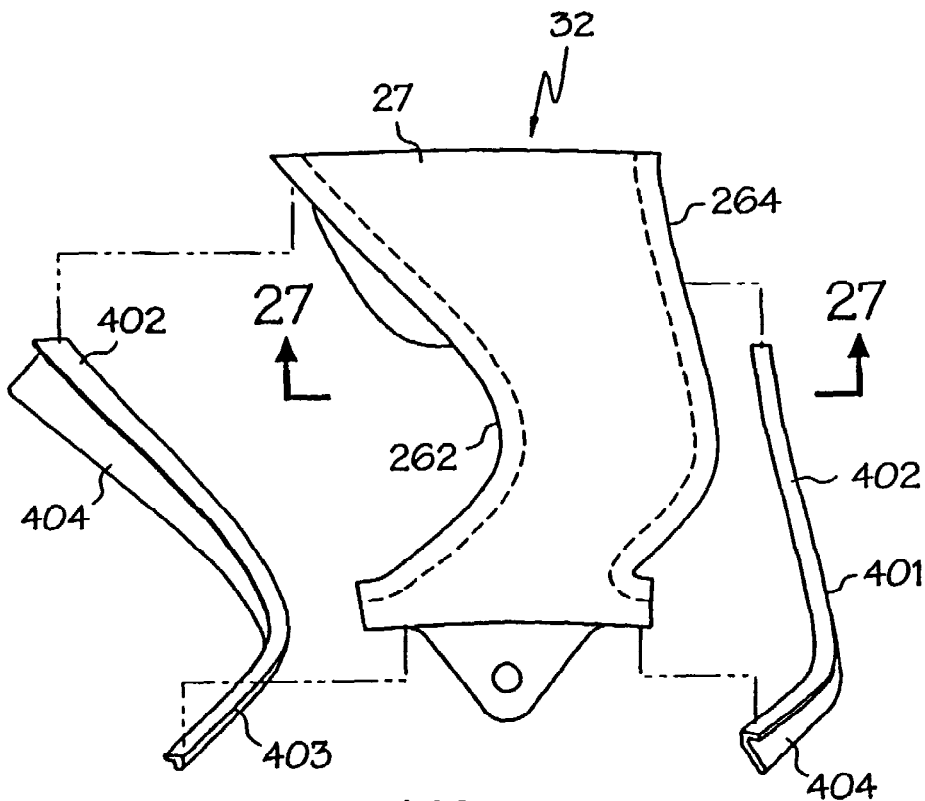
ФИГ.23



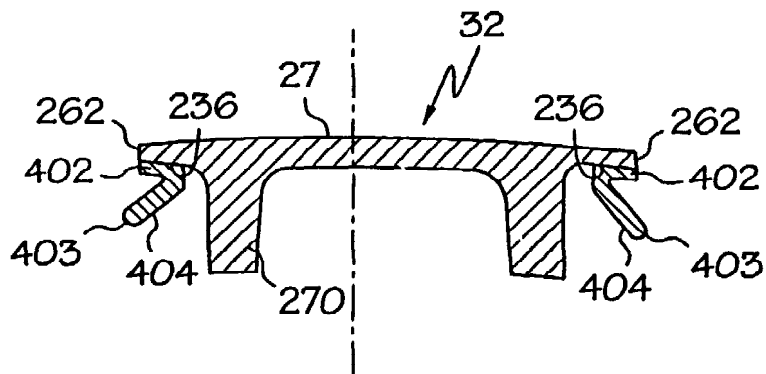
ФИГ.24



ФИГ.25



ФИГ. 26



ФИГ. 27