



(51) МПК

F16C 27/04 (2006.01)*F16C 19/52* (2006.01)*F01D 21/04* (2006.01)*F01D 25/16* (2006.01)*F02C 7/06* (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ(21), (22) Заявка: **2005100178/11**, **11.01.2005**(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
11.01.2005(30) Конвенционный приоритет:
12.01.2004 FR 04 00220(43) Дата публикации заявки: **20.06.2006**(45) Опубликовано: **20.08.2009** Бюл. № 23(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: **US 6325546 B1**, **04.12.2004**. **EP 0814236 A1**,
29.12.1997. **DE 1575635 A1**, **12.02.1970**. **CA**
1292494 C, **26.11.1991**. **RU 2215886 C2**,
10.11.2003.

Адрес для переписки:

**129090, Москва, ул. Б.Спасская, 25, стр.3,
ООО "Юридическая фирма Городисский и
Партнеры", пат.пов. С.А.Дорофееву,
рег.№ 146**

(72) Автор(ы):

**ЖЕРЕ Валерио (FR),
ЯДЧАК Эдуар (FR)**

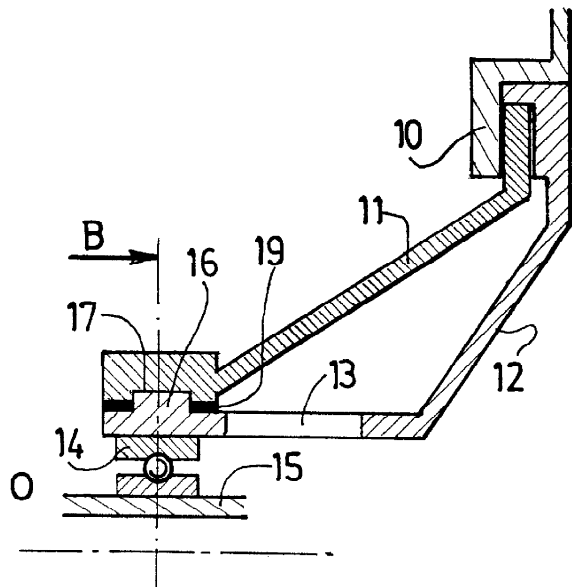
(73) Патентообладатель(и):

СНЕКМА (FR)**(54) ОПОРА ПОДШИПНИКА С ДВОЙНЫМ ЭЛЕМЕНТОМ ЖЕСТКОСТИ**

(57) Реферат:

Изобретение относится к опорам подшипников для вращающихся валов двигателей, в частности к газотурбинным. Опора (11, 12) подшипника (14) для вращающегося двигателя, такого как газотурбинный двигатель, с вращающимся валом (15), поддерживаемым по меньшей мере одним подшипником (14) и рамой (10), способного работать по меньшей мере с двумя различными рабочими скоростями и содержащего по меньшей мере одну механическую опорную конструкцию (12) с низкой жесткостью и одну опорную конструкцию (11) с высокой жесткостью, объединенные так, чтобы служить опорой подшипнику (14) с одной из этих жесткостей.

Опорная конструкция (12) с низкой жесткостью присоединена к опорной конструкции (11) с высокой жесткостью, когда двигатель работает со скоростью (f), меньшей, чем определенная частота вращения (fr), и отсоединена от опорной конструкции (11) с высокой жесткостью, когда двигатель работает со скоростью (f), большей, чем частота вращения (fr). Технический результат: использование механических конструкций избавляет от присутствия какого-либо гидравлического оборудования, поскольку силы жесткости, внесенные таким образом, могут непосредственно противодействовать силам возбуждения, генерируемым неуравновешенной массой вала двигателя. 2 н. и 5 з.п. ф-лы, 3 ил.



ФИГ.2А



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(51) Int. Cl.

F16C 27/04 (2006.01)*F16C 19/52* (2006.01)*F01D 21/04* (2006.01)*F01D 25/16* (2006.01)*F02C 7/06* (2006.01)**(12) ABSTRACT OF INVENTION**(21), (22) Application: **2005100178/11, 11.01.2005**(24) Effective date for property rights:
11.01.2005(30) Priority:
12.01.2004 FR 04 00220(43) Application published: **20.06.2006**(45) Date of publication: **20.08.2009 Bull. 23**

Mail address:

**129090, Moskva, ul. B.Spasskaja, 25, str.3, OOO
"Juridicheskaja firma Gorodisskij i Partnery",
pat.pov. S.A.Dorofeevu, reg.№ 146**

(72) Inventor(s):

**ZhERE Valerio (FR),
JaDChAK Ehduar (FR)**

(73) Proprietor(s):

SNEKMA (FR)**(54) BEARING SEAT WITH DOUBLE STIFFENER**

(57) Abstract:

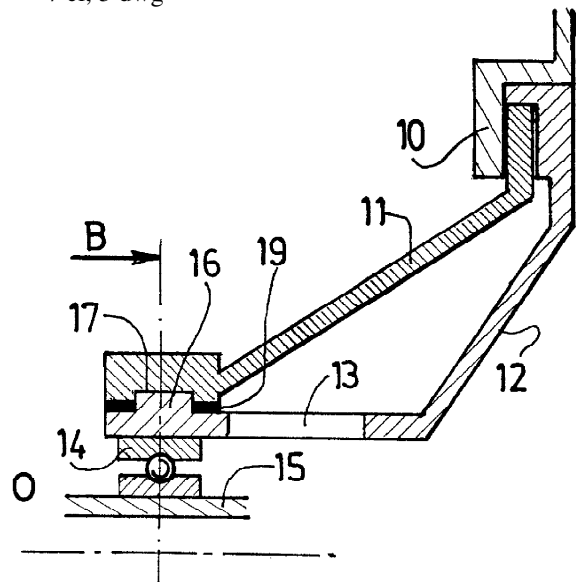
FIELD: mechanical engineering.

SUBSTANCE: invention refers to seats of bearings for rotary shafts of engines, specifically to gas-turbine. Bearing (14) seat (11, 12) for rotary engine such as gas-turbine engine with rotary shaft (15) supported by at least one bearing (14) and frame (10), capable to work at not less than two various operating speeds and containing at least one low-rigid mechanical supporting structure (12) and one highly rigid supporting structure (11) joined so that they could serve as support for bearing (14) with one of these rigidities. Low-rigid supporting structure (12) is attached to highly rigid supporting structure (11) when engine is working at the speed (f) which is lower than certain rotation frequency (fp), and is detached from highly rigid supporting structure (11) when the engine is working at the speed (f) which is higher than certain rotation frequency (fp).

EFFECT: providing operation without presence of any hydraulic equipment as far as rigidity forces being imparted in such a way are able to counteract

directly the excitation forces being generated by unbalanced engine shaft mass.

7 cl, 5 dwg

**ФИГ.2А**

Настоящее изобретение относится к опорам подшипников для вращающихся валов двигателей. В частности, оно относится к газотурбинным двигателям.

В настоящее время срок службы подшипников качения, газодинамических и масляных подшипников для валов двигателей и конструкции очень сильно зависят от
5 вибрационных характеристик узла двигателя, включающего его раму, передаточный вал, подшипники и опоры.

Главные источники вибрационного возбуждения зависят от механической неуравновешенной массы вала двигателя, которая всегда присутствует из-за дефектов
10 производства. Впоследствии основные частоты вибраций, воздействующие на узел двигателя, близки к частоте вращения двигателя.

По мере увеличения вибрационной реакции каждой упомянутой выше части этого узла увеличивается напряжение подшипников и элементов конструкции, они все
15 больше подвергаются усталости, в результате чего срок их службы сокращается.

Эти вибрации наводят также очень сильные шумовые помехи.

Одно из средств уменьшения амплитуды этих вибраций предусматривает создание опор подшипников, выполненных с возможностью адаптации резонансной частоты по отношению к частоте вращения. Например, опоры подшипников сконструированы
20 так, что их основная резонансная частота сильно отличается от частоты вращения, соответствующей рабочей скорости двигателя.

Но в некоторых случаях двигатель может использоваться при различных скоростях, например при двух скоростях, а именно при низкой скорости и высокой скорости.

Для преодоления этих проблем предлагались различные решения.

Например, в патенте US 5433584 раскрыта опора для двух подшипников, служащих опорами для вала с обоих концов, опора выполнена с разной жесткостью для каждого из двух подшипников, сочетание двух жесткостей обеспечивает средство ограничения
30 вибраций при нормальной рабочей скорости посредством одного из подшипников и сопротивления аномальной неуравновешенной массе или иному аналогичному аномальному явлению того же типа на другом подшипнике.

Это решение не является удовлетворительным, поскольку один из двух подшипников все же находится под воздействием аномального вибрационного уровня
35 в результате упомянутой выше проблемы.

В документах US 5110257 и FR 2439331 предложено решение с использованием вязкого демпфирования, текучая среда управляется как функция скорости двигателя для изменения демпфирования опоры во время работы двигателя и таким образом
40 адаптации вибрационного отклика узла во время текущей работы, избавляясь от вышеупомянутого недостатка.

Это решение является сложным, поскольку оно требует использования текучей среды, для которой требуется специальное гидравлическое оборудование, и оно также ограничивается вязким демпфированием.

Согласно настоящему изобретению предлагается опора подшипника для вращающегося двигателя, такого как газотурбинный двигатель, с вращающимся валом, опорой для которого служат по меньшей мере один подшипник и рама, способного работать не менее чем с двумя различными рабочими скоростями и
45 содержащего по меньшей мере одну механическую опорную конструкцию с низкой жесткостью и опорную конструкцию с высокой жесткостью, объединенные так, чтобы служить опорой подшипника с одной из этих жесткостей, отличающаяся тем, что опорная конструкция с низкой жесткостью присоединена к опорной конструкции с
50

высокой жесткостью, когда двигатель работает со скоростью, меньшей, чем определенная частота вращения, и отсоединена от опорной конструкции с высокой жесткостью, когда двигатель работает со скоростью выше, чем частота вращения.

Использование механических конструкций избавляет от присутствия какого-либо гидравлического оборудования, поскольку внесенные таким образом силы жесткости могут непосредственно противодействовать силам возбуждения, генерируемым неуравновешенной массой вала двигателя.

Опорная конструкция с низкой жесткостью служит опорой подшипника, а опорная конструкция с высокой жесткостью служит опорой опорной конструкции с низкой жесткостью, когда двигатель работает с одной из двух скоростей, например с низкой скоростью вращения двигателя, для противодействия неуравновешенной массе вала.

Опора подшипника выполнена с возможностью отделять опорную конструкцию с высокой жесткостью от опорной конструкции с низкой жесткостью, когда двигатель работает с любой из двух скоростей, например высокой скоростью вращения двигателя, конструкция с низкой жесткостью отфильтровывает вибрационное возбуждение, генерируемое неуравновешенной массой вала.

Предпочтительно опорная конструкция с низкой жесткостью выполнена в форме беличьего колеса для большей упругости.

В соответствии с другим признаком опора для двигателя, работающего не менее чем с тремя рабочими скоростями, содержит по меньшей мере три опорные механические конструкции с различной жесткостью, объединенные для того, чтобы быть опорой для подшипника с одной из этих жесткостей.

Изобретение также относится к сервоуправляющей системе для управления средством приведения в действие одной из конструкций, указанное средство управляется как функция скорости вала или вибрационной амплитуды посредством управляющих компьютеров на двигателе и/или летательном аппарате, на котором установлен двигатель.

Изобретение будет более понятно после прочтения нижеследующего описания опоры подшипника согласно предпочтительному варианту осуществления изобретения и прилагаемым чертежам, на которых:

- на фиг.1 показана частотная диаграмма откликов опорной конструкции под воздействием вибрационного возбуждения ротора двигателя;
- на фиг.2А и 2В показаны продольный и поперечный разрезы подшипника и его опоры согласно изобретению, опорные конструкции соединены; и
- на фиг.3А и 3В показаны продольный и поперечный разрезы подшипника и его опоры согласно изобретению, опорные конструкции отсоединены.

Обращаясь к фиг.2А и 2В, на которых фиг.2А представляет собой сечение в направлении А, показанном на фиг.2В, и фиг.2В представляет собой сечение в направлении В, показанном на фиг.2А, вращающийся двигатель содержит раму 10 и вал 15, вращающийся вокруг О оси двигателя, когда он работает.

Вал удерживается на месте подшипником 14, в данном случае шарикоподшипником, и опорой 14 подшипника, состоящей из двух коаксиальных опорных конструкций, внешняя конструкция 11 окружает другую, внутреннюю конструкцию 12. Они обе приблизительно конические по форме по направлению к раме 10. Внутренняя конструкция 12 опоры является цилиндрической ближе к подшипнику 14, так что две конструкции объединяются на раме 10 и на подшипнике 14, как описано ниже.

Внутренняя опорная конструкция 12 присоединена к раме 10 и подшипнику 14. Она

присоединена с низкой жесткостью или является упругой.

Она может быть сконструирована с так называемой формой 13 беличьего колеса для большей упругости.

5 Внешняя опорная конструкция 11 значительно жестче, чем внутренняя конструкция, и может быть снабжена ребрами на своей внутренней поверхности. Ребра не показаны.

Вибрационные характеристики этих опорных конструкций показаны схематично на диаграмме спектра их частотного отклика, приведенной на фиг.1. Они зависят от их 10 соответствующей жесткости, и их использование в описываемом здесь устройстве будет описано ниже.

Конечная конструкция 11 на своем конце, близком к раме 10, установлена свободной для перемещения при вращении на раме и на упругой опорной конструкции 12. Она может вращаться вокруг О оси в двух направлениях вращения 15 под воздействием ручного или электрического механического управления посредством подходящего общепринятого средства, не показанного и известного специалистам в данной области, например рычага, электромотора или гидравлического или пневматического подъемного устройства.

20 На конце, близком к подшипнику 14, опорная конструкция 11 может вращаться вокруг присоединенной опорной конструкции 12 по дуге, ограниченной радиальными зубцами 16, в данном случае имеются четыре зубца, прикрепленные к этой конечной конструкции 12. Зубцы 16 взаимодействуют с четырьмя пазами 17, образованными на 25 внутренней стороне фланца конструкции 11 перпендикулярно оси вращения. Пазы имеют две части 17А, 17В, днища которых находятся на разном расстоянии от оси.

В положении, показанном на фиг.3А и 3В, зубцы 16 размещены в частях 17А с радиальным зазором J между их вершиной и днищем пазов. Этот зазор больше, чем 30 воздействие неуравновешенной массы вращающегося вала.

Части 17В пазов имеют меньший диаметр. Зубцы 16 могут все быть вставлены в пазы одновременно без радиальных зазоров, в точности совпадая по форме.

Когда зубцы 16 размещены в частях 17В, как показано на фиг.2А и 2В, опорные конструкции 11 и 12 соединены вблизи подшипника. С другой стороны, эти конструкции отсоединены в этом месте на фиг.3А и 3В.

35 Обращаясь к диаграмме на фиг.1, из-за различной жесткости конструкции 11 и 12 имеют вибрационные характеристики такие, что их реакция на вибрационное возбуждение, генерируемое вращением вала на частоте f, может быть представлено кривыми S1, S2 для жесткой конструкции.

40 Резонансы M_S и M_R , показанные этими двумя кривыми, явно разделены, и две кривые пересекаются в точке M_R , соответствующей частоте вращения f_R , характеризующей низкой амплитудой вибрационной реакции для двух конструкций одновременно. На частотах ниже, чем частота f_R , жесткая конструкция 11 не имеет 45 значительной реакции R1. На более высоких частотах упругая структура отфильтровывает возбуждения вала 15, и значительной реакции S2 нет, хотя, наоборот, реакции S1 и R2 высоки.

Когда внешняя опорная конструкция 11 механически управляется при вращении для вращения в первом направлении 22 на фиг.3В с использованием вышеуказанного 50 управления, она перемещается в положение с более высокой жесткостью, показанное на фиг.2А и 2В. Таким образом, опорная конструкция 12 с низкой жесткостью служит опорой подшипника 14, а опорная конструкция 11 с высокой жесткостью служит опорой опорной конструкции с низкой жесткостью.

В этом положении опорные конструкции 11 и 12 полностью соединены и характеристики жесткости узла опоры подшипника определяются характеристиками более жесткой конструкции, которой является внешняя опорная конструкция 11, давая частотную реакцию R1. Это положение регулируется, когда двигатель работает с

низкой скоростью, так что опора подшипника противодействует частотным возбудениям, генерируемым неуравновешенной массой вращающегося вала.

Когда внешняя опорная конструкция 11 механически регулируется при вращении для поворота во втором направлении 21 на фиг.2В с использованием

вышеупомянутого управления, она перемещается в положение с низкой жесткостью, показанное на фиг.3А и 3В.

В этом положении опорные конструкции 11 и 12 отсоединены у подшипника и характеристики жесткости узла опоры подшипника определяются характеристиками более упругой конструкции, которой является внутренняя опорная конструкция 12,

давая частотную реакцию R2. Это положение регулируется, когда двигатель работает с высокой скоростью, так что опорная конструкция отфильтровывает вибрационное возбуждение, генерируемое неуравновешенной массой вращающегося вала.

Таким образом, для того чтобы оптимизировать адаптацию общих вибрационных характеристик опоры подшипника, внешняя конструкция 11 механически управляется при вращении во втором направлении 21, когда скорость двигателя ниже частоты вращения f_p , и в первом направлении 22, когда она выше этой частоты вращения.

Общий частотный отклик узла двигателя представлен частотной кривой, состоящей из двух ветвей R1 и S2, для которых общий максимум представлен точкой пересечения M_p кривых, представляющих частотные реакции двух конструкций 11 и 12, составляющих опору подшипника двигателя, этот максимум значительно меньше, чем максимум M_S и M_R двух кривых, представляющих частотные реакции этих двух конструкций.

Формула изобретения

1. Опора (11, 12) подшипника (14) для вращающегося двигателя, такого, как газотурбинный двигатель, с вращающимся валом (15), поддерживаемым по меньшей мере одним подшипником (14) и рамой (10), способного работать по меньшей мере с двумя различными рабочими скоростями, и содержащего по меньшей мере одну механическую опорную конструкцию (12) с низкой жесткостью и одну опорную конструкцию (11) с высокой жесткостью, объединенные так, чтобы служить опорой подшипнику (14) с одной из этих жесткостей, отличающаяся тем, что опорная конструкция (12) с низкой жесткостью присоединена к опорной конструкции (11) с высокой жесткостью, когда двигатель работает со скоростью (f) меньшей, чем определенная частота вращения (f_p), и отсоединена от опорной конструкции (11) с высокой жесткостью, когда двигатель работает со скоростью (f) большей, чем частота вращения (f_p).

2. Опора по п.1, отличающаяся тем, что опорная конструкция (12) с низкой жесткостью содержит радиальные зубцы (16), а опорная конструкция (11) с высокой жесткостью содержит пазы (17), взаимодействующие с зубцами (16).

3. Опора по п.2, отличающаяся тем, что пазы (17) содержат части (17В), взаимодействующие с зубцами (16) так, чтобы присоединить конструкции (11) и (12) друг к другу.

4. Опора по п.3, отличающаяся тем, что пазы (17) содержат части (17А), взаимодействующие с зубцами (16) с радиальным зазором (J) для отсоединения

опорной конструкции (11) с высокой жесткостью от опорной конструкции (12) с низкой жесткостью, причем этот зазор больше, чем воздействие неуравновешенной массы вращающегося вала.

5 5. Опора по п.1, отличающаяся тем, что опорная конструкция (12) с низкой жесткостью имеет форму беличьего колеса (13).

6. Опора по п.1, отличающаяся тем, что для двигателя, работающего по меньшей мере с тремя различными рабочими скоростями, содержит по меньшей мере три опорных механических конструкции с различной жесткостью, объединенные так,
10 чтобы служить опорой для подшипника (14) с одной из этих жесткостей.

7. Сервоуправляющая система для управления средством приведения в действие одной из конструкций опоры подшипника согласно одному из вышеприведенных пунктов, указанное средство управляется как функция скорости вала или
15 вибрационной амплитуды посредством управляющих компьютеров на двигателе и/или летательном аппарате, на котором установлен двигатель.

20

25

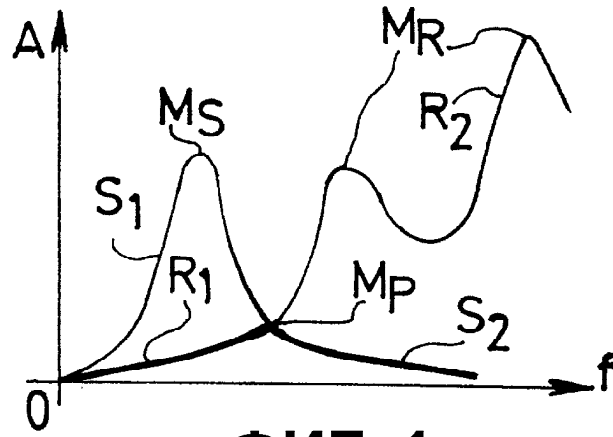
30

35

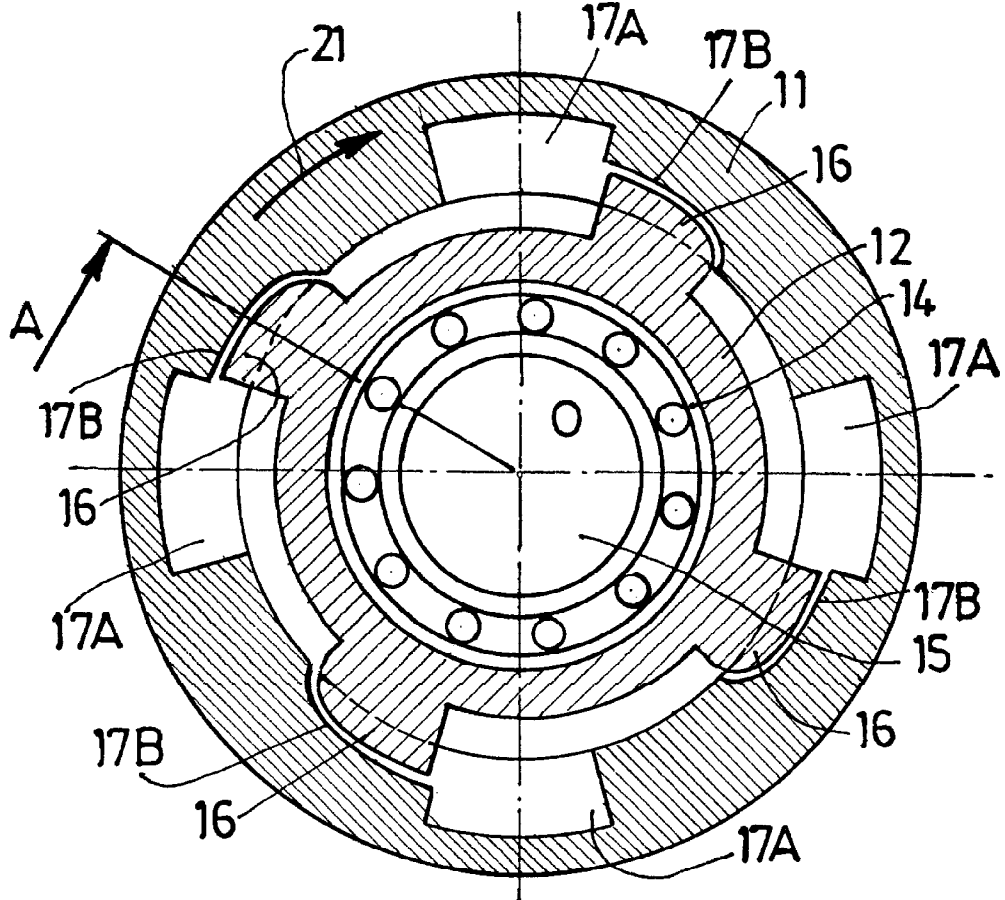
40

45

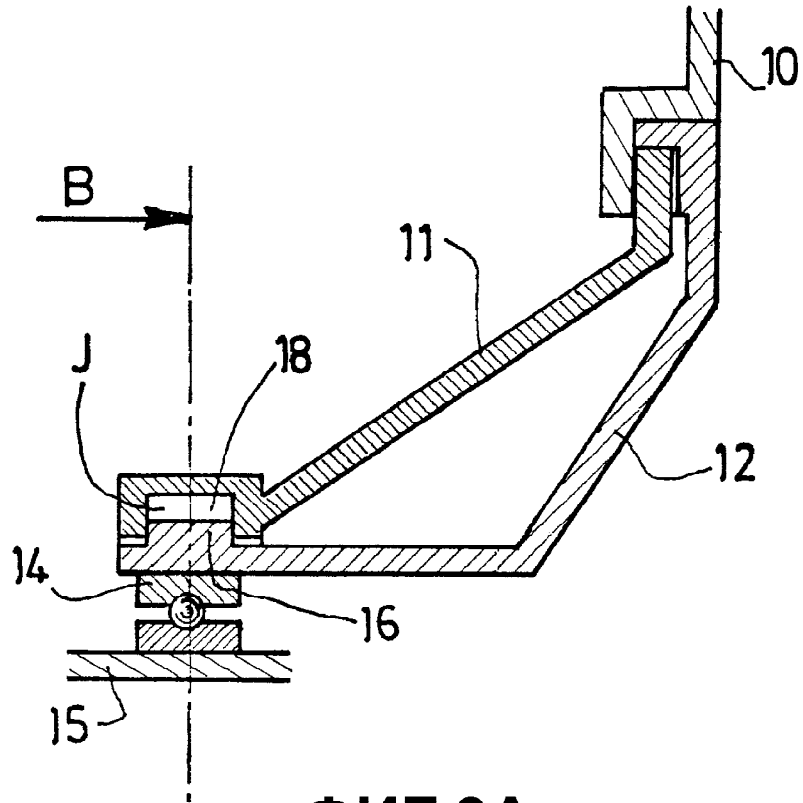
50



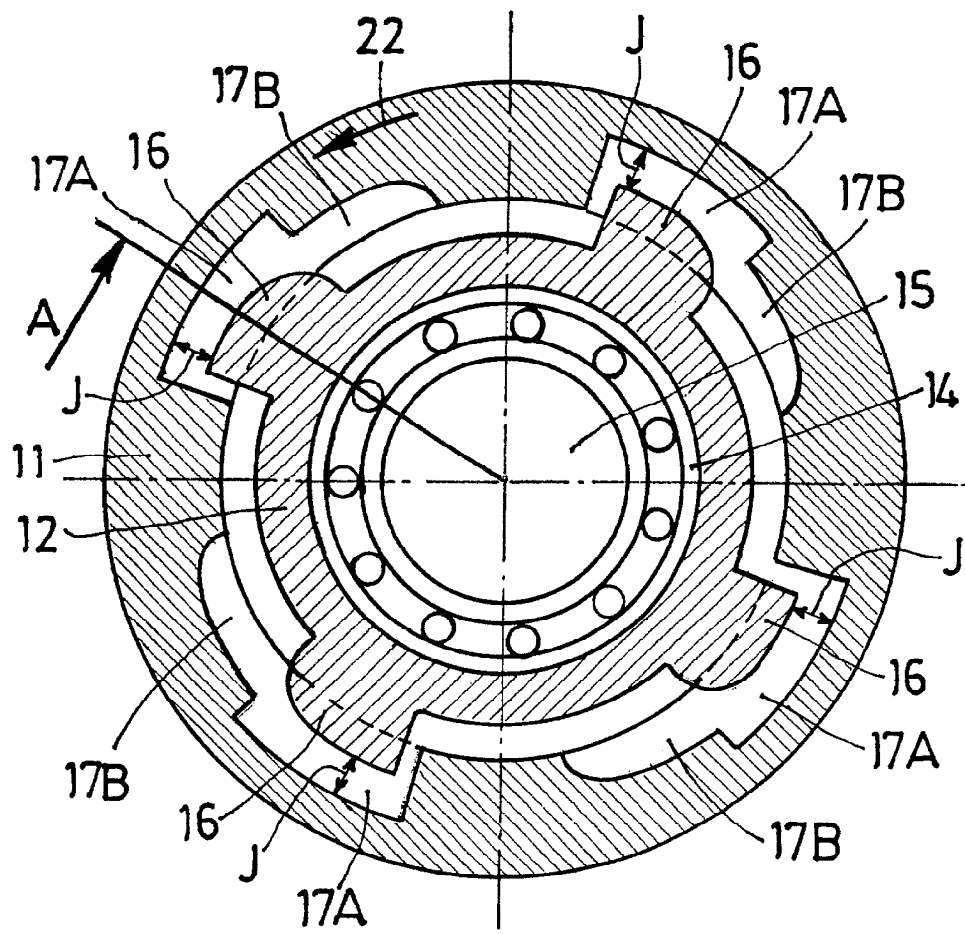
ФИГ. 1



ФИГ. 2В



ФИГ.3А



ФИГ.3В