



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

F01D 17/162 (2019.05); F04D 29/563 (2019.05)

(21)(22) Заявка: 2017125804, 13.01.2016

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
13.01.2016

Дата регистрации:  
12.09.2019

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:  
19.01.2015 FR 15 50395

(43) Дата публикации заявки: 21.02.2019 Бюл. № 6

(45) Опубликовано: 12.09.2019 Бюл. № 26

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на  
национальной фазе: 21.08.2017

(86) Заявка РСТ:  
FR 2016/050049 (13.01.2016)

(87) Публикация заявки РСТ:  
WO 2016/116682 (28.07.2016)

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

(72) Автор(ы):

ДЮМА Лильян Ианн (FR),  
БЕНДЕРРАДЖИ Камель (FR),  
БРОМАНН Ален Марк Люсьен (FR),  
КУСТИЙЯ Сюзанн Мадлен (FR)

(73) Патентообладатель(и):

САФРАН ЭРКРАФТ ЭНДЖИНЗ (FR)

(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: WO 2008/147023 A2, 04.12.2008. US  
3066488 A, 04.12.1962. US 3861822 A, 21.01.1975.  
EP 0299280 A1, 18.01.1989. SU 775405 A1,  
30.10.1980.

## (54) СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЛОПАТКАМИ С ИЗМЕНЯЮЩИМСЯ УГЛОМ УСТАНОВКИ ДЛЯ ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ

(57) Реферат:

Система управления лопатками с изменяемым углом установки для газотурбинного двигателя содержит кольцевой ряд лопаток с изменяемым углом установки, расположенных вокруг оси. Каждая лопатка содержит перо, соединенное на своем радиально наружном конце с поворотным шкворнем, который образует по существу радиальную ось вращения лопатки и соединен при помощи рычага со средствами управления, расположенными вокруг упомянутой оси.

Средства управления содержат первые звенья, установленные на поворотных шкворнях, и вторые звенья, расположенные между первыми звеньями. Первые и вторые звенья расположены по существу на одной окружности вокруг оси и соединены друг с другом и с приводными средствами. Изобретение позволяет упростить систему управления лопатками с изменяемым углом установки, а также уменьшить ее массу. 9 з.п. ф-лы, 4 ил.



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

*F01D 17/162* (2019.05); *F04D 29/563* (2019.05)(21)(22) Application: **2017125804**, 13.01.2016(24) Effective date for property rights:  
13.01.2016Registration date:  
12.09.2019

Priority:

(30) Convention priority:  
19.01.2015 **FR 15 50395**(43) Application published: **21.02.2019** Bull. № 6(45) Date of publication: **12.09.2019** Bull. № 26(85) Commencement of national phase: **21.08.2017**(86) PCT application:  
**FR 2016/050049** (13.01.2016)(87) PCT publication:  
**WO 2016/116682** (28.07.2016)

Mail address:

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

(72) Inventor(s):

**COUSTILLAS, Suzanne, Madeleine (FR),  
BROMANN, Alain, Marc, Lucien (FR),  
BENDERRADJI, Kamel (FR),  
DUMAS, Lilian, Yann (FR)**

(73) Proprietor(s):

**SAFRAN AIRCRAFT ENGINES (FR)**(54) **CONTROL SYSTEM OF BLADES WITH VARIABLE ANGLE OF INSTALLATION FOR GAS TURBINE ENGINE**

(57) Abstract:

FIELD: machine building.

SUBSTANCE: control system of blades with variable installation angle for gas turbine engine comprises annular row of blades with variable installation angle arranged around axis. Each blade comprises a feather connected at its radial outer end with a pivot pin, which forms a radial axis of rotation of the blade and is connected by means of a lever to control means arranged around said axis. Control means

comprises first links mounted on pivot pins and second links located between first links. First and the second links are located essentially on one circumference around the axis and are connected to each other and to driving facilities.

EFFECT: invention allows simplifying the blade control system with variable installation angle, as well as reducing its weight.

10 cl, 4 dwg

## ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ

Настоящее изобретение относится к системе управления лопатками с изменяющимся углом установки для газотурбинного двигателя.

## УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

5 Предшествующий уровень техники включает в себя, в частности, документы WO-A2-2008/147023 и US-A-3,066,488.

Лопатки статора с изменяющимся углом установки (называемые также VSV - сокращение от Variable Stator Vanes) газотурбинного двигателя установлены на наружном кольцевом картере, как правило, компрессора газотурбинного двигателя. Каждая лопатка содержит перо, соединенное на своем радиально наружном конце при помощи площадки по существу кольцевого контура с радиальным цилиндрическим поворотным шкворнем, который образует ось вращения лопатки и который направляется во вращении в соответствующем отверстии наружного катера. Как правило, радиально внутренний конец пера каждой лопатки содержит второй цилиндрический поворотный шкворень, проходящий вдоль оси вращения лопатки и направляемый во вращении в отверстии внутреннего картера компрессора.

Радиально наружный конец наружного поворотного шкворня каждой лопатки соединен при помощи рычага с кольцом управления, перемещаемым путем вращения вокруг наружного картера приводными средствами с домкратом или аналогичным устройством. Вращение кольца управления передается через тяги на наружные поворотные шкворни лопаток и поворачивает их вокруг их осей.

Угловая регулировка лопаток статора в газотурбинном двигателе предназначена для адаптации геометрии компрессора к его рабочей точке и, в частности, для оптимизации производительности и запаса помпажа этого газотурбинного двигателя и для снижения расхода топлива в различных конфигурациях полета.

Каждая из этих лопаток выполнена с возможностью перемещения во вращении вокруг своей оси между первым положением «открывания» или «полного открывания», в котором каждая лопатка расположена по существу параллельно продольной оси газотурбинного двигателя, и вторым положением «закрывания» или «квази-закрывания», в котором лопатки наклонены относительно оси газотурбинного двигателя, уменьшая, таким образом, сечение прохождения воздуха через ступень лопаток.

Кольцо управления должно быть центровано и направляться во вращении вокруг своей оси вращения. В известных решениях наружный картер содержит дорожки, с которыми за счет трения может взаимодействовать внутренняя периферия кольца. Картер содержит органы, такие как колодки, для опоры или направления на дорожках. Эти колодки служат, с одной стороны, для обеспечения концентричности кольца вокруг картера за счет регулирования зазоров колодки/картер и, с другой стороны, для ограничения деформации кольца в результате действия аэродинамических усилий на лопатки с изменяющимся углом установки, влияющих на кинематику во время работы.

40 Задачей настоящего изобретения является простое, эффективное и экономичное усовершенствование этого известного решения.

## РАСКРЫТИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Изобретением предложена система управления лопатками с изменяющимся углом установки для газотурбинного двигателя, содержащего по меньшей мере один кольцевой ряд лопаток с изменяющимся углом установки, расположенных вокруг оси и содержащих, каждая, перо, соединенное на своем радиально наружном конце с поворотным шкворнем, который образует по существу радиальную ось вращения лопатки и соединен при помощи рычага со средствами управления, расположенными

вокруг упомянутой оси, отличающаяся тем, что упомянутые средства управления содержат первые звенья, установленные на упомянутых поворотных шкворнях, и вторые звенья, расположенные между упомянутыми первыми звеньями, при этом упомянутые первые и вторые звенья расположены по существу на одной окружности

вокруг упомянутой оси и соединены друг с другом и с приводными средствами. Таким образом, кольцо управления из известного решения заменено средствами, подобными цепи и содержащими последовательность звеньев. Первые звенья установлены на рычагах, соединенных с поворотными шкворнями лопаток, и вторые звенья расположены между первыми звеньями и соединены с этими звеньями. Весь узел соединен с приводными средствами, такими как домкрат. Приводные средства приводят во вращение средства управления, и движение передается от одного первого звена к смежному другому первому звену через второе звено, расположенное между этими первыми звеньями. Таким образом, вторые звенья служат для синхронизации движений первых звеньев и, следовательно, поворотов лопаток вокруг осей их поворотных шкворней. Эта технология позволяет исключить направляющие колодки из известного решения и, следовательно, упростить систему и уменьшить ее массу, снизить ее стоимость и сократить регулировки во время монтажа.

Действительно, по сравнению с системой, содержащей кольцо, изобретение позволяет сэкономить на регулировке за счет возможности отказа от учета дифференциальных расширений между, с одной стороны, лопатками и наружным картером и, с другой стороны, кольцом. Во время работы поведение звеньев и рычагов при расширении очень похоже на поведение лопаток и соответствующего наружного картера и позволяет уменьшить усилия в системе управления.

Система управления в соответствии с изобретением может иметь один или несколько следующих отличительных признаков, рассматриваемых отдельно или в сравнении друг с другом:

- число первых звеньев равно числу вторых звеньев, которое равно числу рычагов (или лопаток);

- упомянутые первые звенья выполнены в виде единой детали с упомянутым рычагами;

- каждое из первых и/или вторых звеньев имеет удлиненную форму и соединено своими продольными концами с другими звеньями;

- первые звенья соединены с вторыми звеньями через поворотные и/или шаровые шарнирные соединения;

- каждое из вторых звеньев имеет общую криволинейную форму предпочтительно в плоскости, по существу касательной к окружности с центром на упомянутой оси;

- первые звенья являются охватывающими звеньями, и вторые звенья являются охватываемыми звеньями;

- каждый рычаг имеет общую удлиненную форму и содержит первый продольный конец соединения с поворотным шкворнем лопатки и второй продольный конец, на котором установлены упомянутые первые звенья;

- по меньшей мере один из рычагов содержит продольное удлинение соединения с упомянутыми приводными средствами;

- упомянутое продольное удлинение содержит выемку или сквозное отверстие для направления перемещения скольжением элемента упомянутых приводных средств; и

- упомянутые приводные средства соединены с двумя кольцевыми рядами лопаток с изменяющимся углом установки.

## ОПИСАНИЕ ФИГУР

Изобретение и его другие детали, отличительные признаки и преимущества будут более очевидны из нижеследующего описания, представленного в качестве не ограничительного примера со ссылками на прилагаемые чертежи, на которых:

Фиг. 1 - схематичный частичный вид в осевом разрезе ступеней лопаток с изменяющимся углом установки газотурбинного двигателя.

Фиг. 2 - схематичный частичный вид в перспективе системы управления лопатками с изменяющимся углом установки в соответствии с изобретением.

Фиг. 3 - схематичный увеличенный вид соединения между двумя звеньями средств управления системы в соответствии с изобретением.

Фиг. 4 - схематичный вид версии выполнения системы управления лопатками с изменяющимся углом установки в соответствии с изобретением.

#### ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ

На фиг. 1 в осевом разрезе схематично показана часть компрессора 10 высокого давления газотурбинного двигателя, в частности, авиационного газотурбинного двигателя, с несколькими ступенями, при этом каждая ступень содержит кольцевой ряд подвижных лопаток 12, установленных на роторе (не показан) газотурбинного двигателя, и кольцевой ряд неподвижных лопаток 14, образующих направляющий аппарат, установленный на картере 16 статора газотурбинного двигателя, при этом угловую ориентацию лопаток 14 можно регулировать для оптимизации газового потока в компрессоре 10.

Каждая лопатка 14 содержит перо 18 и радиально наружный цилиндрический поворотный шкворень 20, соединенный через диск или «площадку» 22, расположенную перпендикулярно к оси 24 лопатки, в соответствующем гнезде 26 картера 16. Радиально внутренняя поверхность 28 диска расположена заподлицо с внутренней стенкой 30 картера, чтобы не мешать газовому потоку.

В известном решении цилиндрический поворотный шкворень 20 каждой лопатки 14 расположен внутри радиального цилиндрического колодца 32 картера, и его радиально наружный конец соединен через рычаг 34 с кольцом 36 управления, которое окружает картер 16 и связано с приводными средствами (не показаны), позволяющими поворачивать его в одном или другом направлении вокруг продольной оси картера 16 для приведения во вращение лопаток 14 кольцевого ряда вокруг их осей 24.

Лопатки 14 выполнены с возможностью перемещения вращением вокруг своих осей 24 между положением полного закрывания и положением полного открывания.

В положении полного закрывания перья 18 лопаток наклонены относительно продольной оси газотурбинного двигателя и образуют между собой минимальное сечение прохождения воздуха в проточном тракте. Лопатки 14 приходят в это положение, когда газотурбинный двигатель работает в режиме малого газа или на малых оборотах, при этом расход воздуха, проходящий в компрессоре, имеет минимальное значение.

В положении полного открывания перья 18 лопаток расположены по существу параллельно оси газотурбинного двигателя, поэтому сечение прохождения воздуха между перьями является максимальным. Лопатки 14 приходят в это положение, когда двигатель работает в режиме полного газа, при этом расход воздуха, проходящий в компрессоре, имеет максимальное значение.

В известном решении картер 16 содержит на своей наружной периферии выступающие дорожки 38 для центровки и направления колец 36, в данном случае схематично показанные пунктирными линиями. Каждое кольцо 36 окружает свою направляющую дорожку или направляющие дорожки 38. Позицией J обозначены радиальные зазоры,

которые предусмотрены в холодном состоянии между кольцом 36 и его дорожкой или дорожками 38. Эти зазоры J должны быть достаточном большими, чтобы учитывать тепловые расширения картера 16, но не позволяют точно регулировать угловые положения лопаток 14. Эти зазоры J регулируют при помощи прокладок во время

5 монтажа системы управления.

Изобретение позволяет, в частности, упростить эту технологию путем замены кольца управления последовательностью звеньев.

На фиг. 2 представлен вариант выполнения изобретения.

Средства 40 управления содержат последовательность звеньев 40a, 40b, которые  
10 расположены на одной окружности вокруг продольной оси A картера 16 и по существу соединены друг с другом встык. Средства 40 управления содержат первые звенья 40a, установленные на рычагах 34, и вторые звенья 40b, расположенные между первыми звеньями 40a.

Каждый рычаг 34 имеет удлиненную форму и содержит первый продольный конец,  
15 соединенный с поворотным шкворнем 20 лопатки, и второй продольный конец, соединенный с первым звеном 40a. Первый конец каждого рычага 34 содержит в данном случае отверстие 42, через которое проходит поворотный шкворень 20 лопатки. Рычаг 34 выполнен с возможностью соединения во вращении относительно лопатки и может  
20 содержать на уровне своего отверстия 42 плоский профиль или аналогичное средство, предназначенное для взаимодействия с поворотным шкворнем 20 для достижения этого результата. Как показано на фиг. 1, на резьбовой участок поворотного шкворня 20 лопатки можно навинтить гайку для обеспечения удержания рычага 34 относительно этого поворотного шкворня.

В представленном примере второй конец каждого рычага 34 выполнен в виде единой  
25 детали с первым звеном 40a.

Каждое первое звено 40a имеет удлиненную форму, продольная ось которой по существу перпендикулярна к продольной оси соответствующего рычага 34. В данном случае каждое первое звено 40a является охватывающим и содержит на каждом из  
30 своих продольных концов средства соединения, в частности, шарнирного соединения со смежными вторым звеньями 40b. Каждый из продольных концов первого звена 40a образует вилку охватывающего типа, содержащую две отстоящие друг от друга параллельные проушины 44, причем эти проушины 44 содержат отверстия для установки по существу радиальной шарнирной оси 46 второго звена 40b.

Каждое второе звено 40b имеет удлиненную форму и в данном случае выполнено  
35 слегка изогнутым. Каждое второе звено 40b изогнуто в плоскости, по существу касательной к окружности с центром на оси A. Как показано на фиг. 2, все вогнутости вторых звеньев 40b ориентированы в одном продольном направлении.

В данном случае каждое второе звено 40b является охватываемым и содержит на  
40 каждом из своих продольных концов средства соединения и, в частности, шарнирного соединения со смежными первыми звеньями 40a. Каждый из продольных концов второго звена 40b образует вилку охватываемого типа, содержащую проушину 47 с отверстием, через которое проходит вышеупомянутая ось 46.

Предпочтительно, как показано на фиг. 3, первые и вторые звенья 40a, 40b соединены между собой шаровыми шарнирными соединениями. Каждое шаровое шарнирное  
45 соединение содержит наружное кольцо 49, которое установлено и запрессовано в отверстии проушины 47 второго звена 40b и которое содержит сферическое внутреннее гнездо, внутри которого установлена шаровая опора 50 в виде участка сферы. Шаровая опора 50 содержит цилиндрическое гнездо 52, через которое проходит палец,

образующий ось 46, продольные концы которого закреплены соответственно в проушинах 44 первого звена 40а. Палец, образующий ось 46, предпочтительно установлен в гнезде 52, образуя скользящий поворотный шкворень.

По меньшей мере один из рычагов 34 имеет продольный размер, превышающий продольный размер других рычагов и содержит со стороны своего вышеупомянутого второго продольного конца продольное удлинение 54 для соединения с приводными средствами и, в частности, со штоком 58 поршня домкрата 56 в представленном примере. Это продольное удлинение 54 соединено своим свободным концом со штоком 58 домкрата.

Корпус 56 домкрата содержит в данном случае охватывающий шток 58 домкрата, содержащий две отстоящие друг от друга параллельные проушины, причем эти проушины 44 содержат отверстия для установки оси 60. Свободный конец удлинения 54 рычага образует охватываемую вилку 62, содержащую проушину с отверстием, через которое проходит ось 60. Для соединения вилки 62 со штоком 58 можно использовать шаровое шарнирное соединение типа соединения, показанного на фиг. 3.

При монтаже рычагов 34 и звеньев регулировки упрощаются за счет отсутствия колодки. Лопатки и их рычаги располагают в угловом направлении и звенья соединяют, проверяя угловые положения в ступенях лопаток и проверяя для разных угловых положений, чтобы стороны звеньев соответствовали искомым результатам. Такие проверки в принципе известны, но в данном случае, учитывая наличие звеньев, нет необходимости выбирать соответствующую колодку и, следовательно, можно исключить операции регулировки.

Во время работы домкрат 56 приводит в действие свой шток 58 поршня, что приводит к перемещению рычага 34 и к повороту соответствующей лопатки 14 вокруг оси 24 ее поворотного шкворня 20. Это движение вращения передается на смежные рычаги 34 и на другие рычаги 34 через звенья 40а, 40b, которые, таким образом, синхронизируют перемещения рычагов и лопаток 14. Во время работы расширения лопаток и соответствующего наружного картера создают лишь незначительное усилие в рычагах и звеньях, поведение которых при расширении согласуется с поведением упомянутых картера и лопаток за счет хорошей передачи расширений, при этом сохраняется необходимая точность. Это позволяет избегать влияния инерции при расширении в некоторых известных системах управления с кольцом и минимизировать передачу усилий в системе управления и однородно сохранять точность даже во время переходных фаз расширения.

Система управления в соответствии с изобретением может содержать от двух до четырех отдельных приводных средств (домкратов). При этом система содержит от двух до четырех рычагов, каждый из которых имеет удлинение 54.

В версии, схематично представленной на фиг. 4, приводное средство или приводные средства соединены с двумя ступенями или кольцевыми рядами лопаток с изменяющимся углом установки, соответственно входным 64 и выходным 66 рядами.

Входной кольцевой ряд 64 лопаток с изменяющимся углом установки по существу идентичен кольцевому ряду, описанному выше со ссылками на фиг. 2 и 3.

Выходной кольцевой ряд 66 лопаток с изменяющимся углом установки аналогичен входному кольцевому ряду 64. Следовательно, описание, представленное выше со ссылками на фиг. 2 и 3, можно применить к этому ряду 66, если оно не противоречит нижеследующим положениям.

Рычаги 34 выходного ряда 66 направлены к входному ряду 64. Кроме того, все

вогнутости вторых звеньев 40b ориентированы в одном продольном направлении противоположно вогнутостям вторых звеньев входного ряда 64.

По меньшей мере один из рычагов 34 выходного ряда 66 имеет продольный размер, превышающий продольный размер других рычагов, и содержит со стороны своего продольного конца, противоположного лопатке, продольное удлинение 54 соединения с приводными средствами и, в частности, со штоком 58 поршня домкрата 56 в вышеупомянутом примере. Это продольное удлинение 54 содержит сквозное отверстие или выемку 68, в которой с возможностью перемещения скольжением установлена ось 70, закрепленная на штоке 58 домкрата.

В данном случае корпус домкрата 56 содержит охватывающий шток 58 домкрата, содержащий две отстоящие друг от друга и параллельные проушины, причем эти проушины содержат отверстия для установки первой оси 60 соединения с удлинением 54 рычага 34 входного ряда 64 и второй оси 79 соединения с удлинением рычага 34 выходного ряда 66.

Во время работы домкрат или каждый домкрат 56 приводит в действие свой шток 58 поршня, что приводит к перемещению рычагов 34 обоих рядов 64, 66 и к повороту лопаток, соединенных с этими рычагами, вокруг осей их поворотных шкворней. Выемка 68 позволяет передавать требуемую угловую установку на лопатки ряда 66, которая отличается от угловой установки лопаток ряда 64. Движения вращения передаются на смежные рычаги 34 и на другие рычаги 34 двух рядов 64, 66 через звенья 40a, 40b, которые синхронизируют, таким образом, перемещения рычагов и лопаток 14.

#### (57) Формула изобретения

1. Система управления лопатками (14) с изменяемым углом установки для газотурбинного двигателя, содержащая по меньшей мере один кольцевой ряд (64,66) лопаток с изменяемым углом установки, расположенных вокруг оси (А) и содержащих, каждая, перо (14), соединенное на своем радиально наружном конце с поворотным шкворнем (20), который образует по существу радиальную ось (24) вращения лопатки и соединен при помощи рычага (34) со средствами (40a,40b) управления, расположенными вокруг упомянутой оси, отличающаяся тем, что средства управления содержат первые звенья (40a), установленные на поворотных шкворнях, и вторые звенья (40b), расположенные между первыми звеньями, при этом первые и вторые звенья расположены по существу на одной окружности вокруг оси и соединены друг с другом и с приводными средствами (56).

2. Система по п. 1, в которой число первых звеньев (40a) равно числу вторых звеньев (40b), которое равно числу рычагов (34).

3. Система по пп. 1 или 2, в которой первые звенья (40a) выполнены в виде единой детали с рычагами.

4. Система по п. 1, в которой каждое из первых и/или вторых звеньев (40a,40b) имеет удлиненную форму и соединено своими продольными концами с другими звеньями.

5. Система по п. 1, в которой первые звенья (40a) соединены со вторыми звеньями (40b) через поворотные и/или шарнирные соединения.

6. Система по п. 1, в которой каждое из вторых звеньев (40b) имеет общую криволинейную форму предпочтительно в плоскости, по существу касательной к окружности с центром на упомянутой оси (А).

7. Система по п. 1, в которой первые звенья (40a) являются охватывающими звеньями, и вторые звенья (40b) являются охватываемыми звеньями.

8. Система по п. 1, в которой каждый рычаг (20) имеет общую удлиненную форму и

содержит первый продольный конец соединения с поворотным шкворнем (20) лопатки (14) и второй продольный конец, на котором установлено одно из первых звеньев (40а).

9. Система по п. 8, в которой по меньшей мере один из рычагов (34) содержит продольный участок удлинения (54) для соединения с приводными средствами (56).

5 10. Система по п. 1, в которой приводные средства (56) соединены с двумя кольцевыми рядами (64,66) лопаток с изменяемым углом установки.

10

15

20

25

30

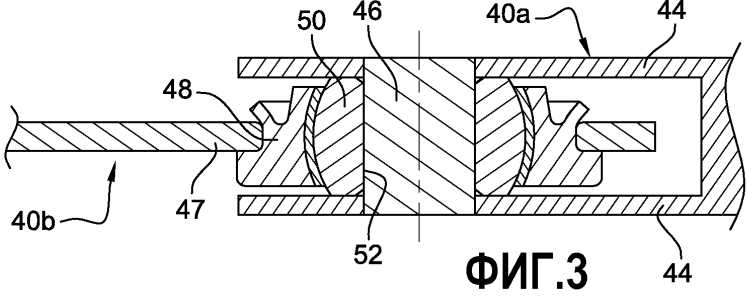
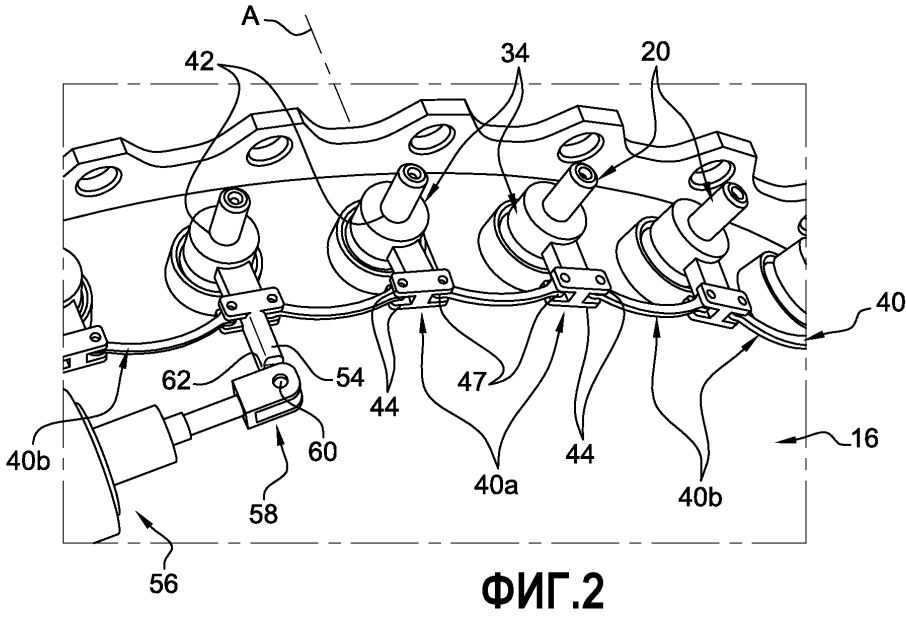
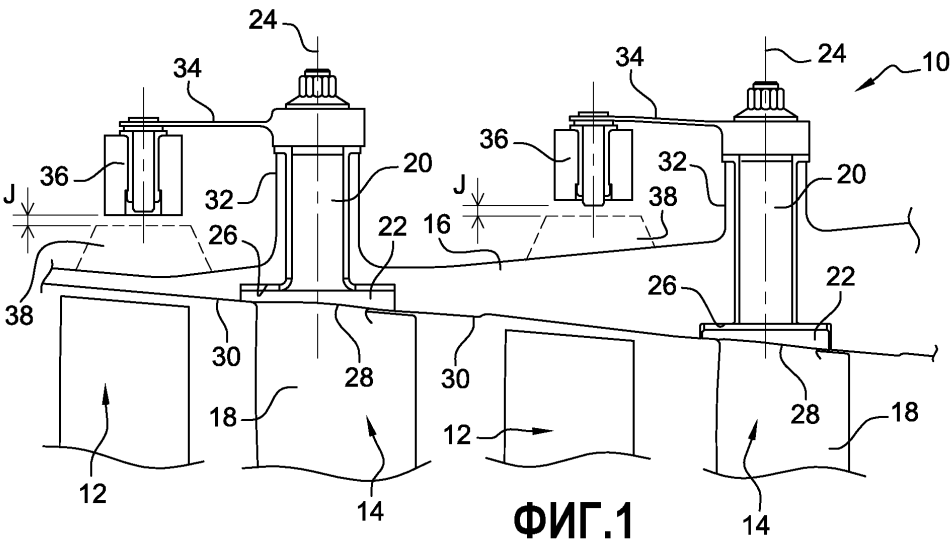
35

40

45

1

1/2



2

