

Винахід стосується турбінних пристроїв і, зокрема, турбореактивних двигунів, у яких вентилятор приєднано до привідного вала, що підтримується принаймні першим підшипником.

Такий турбореактивний двигун містить, згори донизу в напрямі потоку газів, вентилятор, один або більше ступенів компресора, камеру стиску, один або більше ступенів турбіни і реактивне сопло. Вентилятор містить ротор, оснащений по окружності лопатями, котрі при обертанні женуть повітря в турбореактивний двигун. Ротор вентилятора підтримується валом ротора низького тиску двигуна. Він центрується на осі турбореактивного двигуна першим підшипником, що знаходиться вгору по потоку від другого підшипника, приєднаного до нерухомої конструкції, зокрема, до роздільного корпусу.

Оскільки вентилятор прикріплений до вала компресора, який є валом ротора низького тиску у двовальному двигуні, то в подальшому описі цей вал визначається єдиним терміном "вал компресора".

Перший підшипник підтримується опорним елементом, котрий формує оболонку навколо вала компресора, спрямовану вниз по потоку від першого підшипника і прикріплену до нерухомої конструкції турбореактивного двигуна. Другий підшипник підтримується опорним елементом, який також прикріплений до нерухомої конструкції турбореактивного двигуна.

Може трапитися, що лопать випадково відділяється від вентилятора. Наслідком цього є істотне розбалансування вала компресора, що призводить до появи навантажень і вібрацій, які прикладаються до підшипників і через їх опорні елементи передаються до нерухомих конструкцій турбореактивного двигуна, котрі, таким чином, можуть бути uszkodженими.

Щоб запобігти ризику надто великого uszkodження турбореактивного двигуна, конструкція може бути виконана з припусками або, як пропонується в патенті FR 2,752,024, для першого підшипника може бути передбачена система від'єднання. Опорний елемент першого підшипника прикріплюється до конструкції турбореактивного двигуна з допомогою гвинтів, що розплавляються або розриваються, які мають ослаблену ділянку, котра спричинює їх розрив у випадку прикладання дуже великих зусиль. Таким чином, при появі розбалансування вала компресора, зусилля, прикладені до першого підшипника, передаються до розривних гвинтів, котрі руйнуються, від'єднуючи опорний елемент першого підшипника від конструкції турбореактивного двигуна. Згідно з іншими варіантами здійснення, опора другого підшипника пов'язана з опорою першого підшипника і супроводжує її при роз'єднанні, або містить власну систему від'єднання, незалежну від системи від'єднання першого підшипника. Після роз'єднання, зусилля, які виникли при розбалансуванні, більше не передаються цими опорними елементами підшипника або підшипників до нерухомої конструкції турбореактивного двигуна.

Однак, після від'єднання одного або обох підшипників вентилятор продовжує обертатися, а вал компресора більше не може обертатися навколо своєї осі, і зазнає великих зміщень, котрі здатні пошкодити нерухому конструкцію турбореактивного двигуна. В даному випадку патентом FR 2,752,024 пропонується забезпечити, на нерухомій конструкції турбореактивного двигуна, смугу надавання остійності, котра оточує опорний елемент першого підшипника, до якого в даному випадку прикріплений опорний елемент другого підшипника, і котра діє як обмежувач руху або дублюючий підшипник.

Проте тривале обертання вентилятора може призвести до появи напружень у валі компресора і валі турбіни, які приєднані один до одного, та може спричинити руйнування одного або обох валів. Так чи інакше, мова йтиме про розрив вала компресора. В даному випадку, до цього призводить обертання вентилятора, а також вала компресора, до якого він приєднаний спереду. Далі вентилятор викидається з турбореактивного двигуна, і саме це необхідно відвернути.

Однак, смуга, запропонована в патенті FR 2,752,024, може, в разі виникнення розриву вала компресора, виконувати функцію осьового утримування ротора вентилятора, з фіксуванням кронштейна опорного елемента першого підшипника до нерухомої конструкції турбореактивного двигуна, котрий з тим підходить до радіальної стінки цієї смуги. Проте, через згинання, якого може зазнати вал компресора в цій ситуації, між стінкою кронштейна і стінкою смуги може існувати кут, котрий приблизно визначається примиканням цих деталей, а це призводить або до досить неефективної зупинки вала з пошкодженням елементів за рахунок тертя, або навіть, якщо кут надто великий, до виходу кронштейна, нахилоного радіально відносно осі турбореактивного двигуна, за межі смуги, внаслідок чого стає неможливою зупинка просування вала компресора і ротора вентилятора, які надалі викидаються або захоплюються упоперек обтічника утримування, приводячи таким чином до пошкодження всієї конструкції турбореактивного двигуна.

Задачею цього винаходу є подолати ці недоліки. З цієї метою винахід стосується турбінного пристрою, що позовжньо поширюється вздовж осі та містить ротор, приєднаний до привідного вала, який призначений для обертання навколо осі і підтримується принаймні першим підшипником, установленим на нерухомій конструкції турбінного пристрою з допомогою опорного елемента підшипника, який (пристрій) відрізняється тим, що він містить обмежувальне кільце, установлене на нерухомій конструкції турбінного пристрою, аби взаємодіяти з опорним елементом першого підшипника і таким чином, у випадку зміщення ротора відносно нерухомої конструкції, виконувати функцію плавного утримування ротора в осьовому напрямі, без будь-якого впливу кута, утвореного між віссю турбінного пристрою і віссю привідного вала.

Завдяки винаходу, утримування ротора в осьовому напрямі, наприклад, у разі розриву вала компресора, що слідує за втратою лопаті вентилятора, якщо ротор є ротором вентилятора, здійснюється плавно, незалежно від кута між віссю компресора і віссю турбінного пристрою в момент процесу утримування. Таким чином, цей кут, що може змінюватися через розбалансування, якого зазнає вал, не має ніякого впливу на утримування ротора в осьовому напрямі.

Переважно, опорний елемент першого підшипника повинен мати цапфу, яка сконструйована так, щоб припасовуватися до поверхні обода обмежувального кільця. В даному випадку вигідно, щоб цапфа мала конічну форму.

Вигідно також, щоб в осьовому перерізі поверхня обода обмежувального кільця мала викривлену форму, з обертальною симетрією навколо осі турбінного пристрою. В даному випадку викривлена форма повинна,

переважно, бути дугою круга. Обмежувальне кільце повинно, переважно, поздовжньо оточувати нижню по потоку частину опорного елемента першого підшипника, без контакту при нормальному режимі роботи турбінного пристрою.

Згідно з одним варіантом здійснення, при тому, що привідний вал підтримується другим підшипником, а другий підшипник установлений на нерухомій конструкції турбінного пристрою з допомогою опорного елемента підшипника, опорний елемент першого підшипника прикріплений до опорного елемента другого підшипника розривними гвинтами, що дозволяє йому бути від'єднаним від опорного елемента другого підшипника.

Згідно з іншим варіантом здійснення, при тому, що привідний вал підтримується другим підшипником, а другий підшипник установлений на нерухомій конструкції турбінного пристрою з допомогою опорного елемента підшипника, прикріпленого гвинтами, обмежувальне кільце містить поздовжні отвори для забезпечення проходу згаданих гвинтів, використовуваних для кріплення обмежувального кільця до нерухомої конструкції турбінного пристрою.

Згідно з одним порядком роботи, при тому, що опорний елемент першого підшипника установлений на нерухомій конструкції турбінного пристрою за допомогою пристрою, який використовується для його від'єднання від нерухомої конструкції турбінного пристрою, обмежувальне кільце установлене так, щоб не заважати процесу від'єднання.

Згідно з іншим порядком роботи, при тому, що опорний елемент першого підшипника установлений на нерухомій конструкції турбінного пристрою за допомогою пристрою, який використовується для його від'єднання від нерухомої конструкції турбінного пристрою, обмежувальне кільце установлене так, щоб обмежувати зміщення вала компресора під час від'єднання.

Згідно з одним специфічним порядком здійснення, другий підшипник установлений на нерухомій конструкції турбінного пристрою за допомогою пристрою, який використовується для його від'єднання від нерухомої конструкції турбінного пристрою.

Остаточно, переважно, при тому, що опорний елемент першого підшипника установлений на нерухомій конструкції турбінного пристрою за допомогою пристрою, використовуваного для його від'єднання від нерухомої конструкції турбінного пристрою, обмежувальне кільце повинно, зокрема, здійснювати утримування ротора в осьовому напрямі у випадку розриву привідного вала після від'єднання першого підшипника.

Винахід застосовується, зокрема, до двовального турбореактивного двигуна, другий підшипник якого є тим підшипником, яким підтримується ротор низького тиску, але заявник не має наміру, щоб його права були обмежені цим застосуванням.

Винахід буде краще зрозумілим завдяки наступному опису переважного варіанта виконання турбореактивного двигуна згідно з винаходом з посиланням на додані ілюстрації, де:

Фіг. 1 - вид збоку в осьовому перерізі варіанту здійснення винаходу, якому віддається перевага;

Фіг. 2 - збільшене зображення області з фіг. 1, обмеженої рамкою С;

Фіг. 3 - вид збоку в осьовому перерізі області другого підшипника турбореактивного двигуна для варіанту здійснення винаходу, якому віддається перевага, під час роз'єднання, та

Фіг. 4 - вид збоку в осьовому перерізі області другого підшипника турбореактивного двигуна для варіанту здійснення винаходу, якому віддається перевага, після розривання вала компресора.

Як показано на фіг. 1, турбореактивний двигун згідно з винаходом містить вентилятор 2, ротор якого має лопаті 3, що радіально поширюються навколо осі 4 турбореактивного двигуна. Вал вентилятора 2 прикріплений, нижче по потоку від лопатей 3, до вала 5 компресора. В даному випадку це - вал компресора низького тиску. У подальшому в цілому на вал вентилятора 2 і вал 5 компресора будемо посилалися, як на вал 5 компресора або привідний вал 5. Вал 5 компресора підтримується першим підшипником 6 і другим підшипником 7, розміщеним нижче по потоку від першого підшипника 6.

Перший підшипник 6 містить внутрішнє кільце 8 і зовнішнє кільце 9, між якими установлені опори у вигляді кульок 10 або інші опорні пристрої. Внутрішнє кільце 8 приєднане до вала 5 компресора, а зовнішнє кільце приєднане до опорного елемента 11 підшипника, який надалі називатимемо опорою 11 першого підшипника. Кульки 10 підшипника дозволяють внутрішньому кільцю 8 обертатися, а отже, обертатися валу 5 компресора, відносно зовнішнього кільця 9, і таким чином відносно опори 11 першого підшипника.

Опора 11 першого підшипника поширюється від першого підшипника 6 в напрямі вниз по потоку. Вона має злегка конічну форму, при цьому її діаметр зростає в напрямі вниз по потоку.

Другий підшипник 7 містить внутрішнє кільце 14 і зовнішнє кільце 15, між якими вставлені опори 16 у вигляді роликів або інші опорні пристрої. Внутрішнє кільце 14 прикріплене до вала 5 компресора, а зовнішнє кільце 15 прикріплене до нерухомої конструкції турбореактивного двигуна 1. Роликові опори 16 установлені паралельно осі 4 турбореактивного двигуна 1, в канавці, що проходить по окружності внутрішнього кільця 14, і утримуються на відстані один від одного з допомогою сепаратора, який добре відомий спеціалістам галузі. Вони дозволяють внутрішньому кільцю 14 обертатися відносно зовнішнього кільця 15, а отже, з їх допомогою, обертатися валу 5 компресора відносно нерухомої конструкції турбореактивного двигуна 1.

Другий підшипник 7 підтримується опорним елементом 19 підшипника, який надалі називатимемо опорою 19 другого підшипника і який загалом має форму диска, розміщеного уперек осі 4 турбореактивного двигуна 1. Зовнішнє кільце 15 другого підшипника 7 містить, на його зовнішній поверхні, радіальний кронштейн 20, прикріплений до опори 19 другого підшипника за допомогою гвинтів 21.

З фіг. 2 видно, що опора 19 другого підшипника прикріплена гвинтами 24, з допомогою радіального кронштейна 22, до нерухомої конструкції турбореактивного двигуна 1, у даному випадку до корпусу 23, відомого як роздільний корпус 23.

В її кінцевій, вниз по потоку, частині опора 11 першого підшипника має обмежувальну ділянку 26, в даному випадку більшої товщини, ніж її розташована вгору по потоку частина. В осьовому перерізі ця обмежувальна ділянка 26 має форму прямокутного трикутника. Внутрішня стінка 27 цієї обмежувальної ділянки 26 циліндрична,

а її нижня по потоку стінка 28 розташована уперек осі 4 турбореактивного двигуна, причому внутрішня 27 і нижня по потоку 28 стінки сполучені стінкою 29, що має загалом конічну поверхню, діаметр якої зростає в напрямі по потоку і яка відповідає гіпотенузі прямокутного трикутника, що ним є обмежувальна ділянка 26 в осьовій перерізі. Отже, в її нижній по потоку частині опора 11 першого підшипника має конічну цафку 29, утворену конічною стінкою 29.

Обмежувальна ділянка 26 містить поздовжні отвори 26', котрі використовуються для проходження розривних гвинтів 25, якими опора 11 першого підшипника кріпиться до кронштейна 22 опори 19 другого підшипника. Ці розривні гвинти 25 розміщені радіально між віссю 4 турбореактивного двигуна 1 і гвинтами 24, котрими опора 19 другого підшипника кріпиться до роздільного корпусу 23. Розривні гвинти 25 містять ослаблену ділянку 25', яка має певну стійкість до розтягу, що призводить до їх розривання у випадку надмірних зусиль, зокрема, наприклад, при появі розбалансування вала 5 компресора слідом за втратою лопаті 3.

Роздільний корпус 23 підтримує обмежувальне кільце 30, яке охоплює обмежувальну ділянку 26 опори 11 першого підшипника, оточуючи її поздовжньо, але без контакту між ними при нормальній роботі турбореактивного двигуна 1. Це обмежувальне кільце 30 має конічну форму, його діаметр зростає в напрямі хвостової частини, а його внутрішня 30' і зовнішня 30" стінки в даному випадку фактично паралельні уздовж більшої частини їх довжини. В його кінцевій, вниз по потоку, частині воно містить радіальний кронштейн 31, яким воно кріпиться до роздільного корпусу 23, в даному випадку гвинтами 24 для кріплення опори 19 другого підшипника до роздільного корпусу 23.

В його кінцевій, вгору по потоку, частині обмежувальне кільце 30 містить обід 32, який радіально видається всередину. Внутрішня поверхня 33 обода 32 в осьовому перерізі має опукло викривлену форму, яка повторює кривизну, як це показано на фіг. 2, криволінійної ділянки 33'.

Обмежувальне кільце 30 встановлено таким чином, що поверхня конічної цафки 29 опори 11 першого підшипника може упиратися у внутрішню поверхню 33 його обода 32, якщо трапиться, що опора 11 першого підшипника буде переміщуватися вперед в осьовому напрямі. Функцією обмежувального кільця 30 є блокування осьового переміщення вала 5 компресора у випадку його розриву, за допомогою опори 11 першого підшипника, щоби вентилятор 2, який приєднаний до нього, не міг у даному випадку переміщуватися вперед, як це буде пояснено пізніше.

Далі детальніше пояснимо роботу турбореактивного двигуна 1 згідно з винаходом при втраті лопаті 3 вентилятора 2.

Втрата лопаті 3 під час роботи турбореактивного двигуна 1, а отже, під час обертання вентилятора 2, викликає розбалансування вала 5 компресора. З фіг. 3 видно, що породжені сили викликають руйнування розривних гвинтів 25, якими опора 11 першого підшипника кріпиться до опори 19 другого підшипника, в точці їх ослабленої ділянки 25'. Розривні гвинти 25 не руйнуються всі одночасно, а взагалі це відбувається поступово. На фіг. 3, на нижньому її краї, розривний гвинт 25 показано зруйнованим, тоді як розривний гвинт 25 на верхньому краї все ще неушкоджений. У цій ситуації, розбалансування спричинило згинання вала 5 компресора, вісь 5' якого нахилена відносно осі 4 турбореактивного двигуна 1. Це згинання вала 5 компресора можливе завдяки проковзуванню роликів другого підшипника 7 по їх зовнішньому кільцю 15, але як наслідок, ймовірно з пошкодженням цього підшипника 7.

Опора 11 першого підшипника, приєднаного до вала 5 компресора, також нахилена відносно осі 4 турбореактивного двигуна 1. В такому разі в областях, де зруйновані розривні гвинти 25, поверхня конічної цафки 29 опори 11 першого підшипника може упертися в поверхню стінки 33 обода 32 обмежувального кільця 30. Завдяки належно оптимізованій формі поверхні 33 обода 32, кут не має ніякого впливу на цей контакт, який, незалежно від величини кута, відбувається плавно. Тому, протягом від'єднування опори 11 першого підшипника від нерухомої конструкції турбореактивного двигуна 1, обмежувальне кільце 30, в описаному тут варіанті його виконання, до деякої міри плавно обмежує згинання вала 5 компресора. Це згинання може бути також обмежене, якщо взагалі воно відбувається, за рахунок вибирання зазору між кінцями лопатей 3 вентилятора 2 і кожухом, в якому вони знаходяться.

Згідно з іншим варіантом здійснення, поздовжня відстань між конічною цафкою 29 опори 11 першого підшипника і ободом 32 обмежувального кільця 30 може бути вибраною так, що поверхні конічної стінки 29 і обода 32 ніколи не входять у контакт під час роз'єднування, щоб не заважати останньому. Це є саме тим варіантом здійснення, якому буде віддана перевага і в якому обмежувальне кільце 30 виконує функцію лише утримування в осьовому напрямі, без будь-яких функцій обмеження радіальних переміщень.

У будь-якому варіанті здійснення, як тільки всі розривні гвинти 25 зруйновані, опора 11 першого підшипника від'єднується від опори 19 другого підшипника, а отже, від роздільного корпусу 23, а це означає, що вона від'єдналась від нерухомої конструкції турбореактивного двигуна 1. Тепер зусилля більше не передаються опорою 11 першого підшипника до нерухомої конструкції турбореактивного двигуна, і вал 5 компресора може вільно обертатися на своїй осі 5', оскільки конічна цафка 29 опори 11 першого підшипника і обід 32 обмежувального кільця 30 не контактують.

Проте тривале обертання вентилятора 2 може призвести до появи напружень у валі 5 компресора і валі турбіни, які з'єднані, і спричинити руйнування одного з них або обох. Як показано раніше, в такому разі говорять про розрив вала компресора 5. В даному випадку, обертання вентилятора 2 переміщує його, і приєднаний до нього вал 5 компресора, вперед.

Опора 11 першого підшипника також переміщується вперед, разом з роликами 16 другого підшипника 7, які ковзають по своєму зовнішньому кільцю 15. Як показано на фіг. 4, цей рух уперед зупиняється обмежувальним кільцем 30, приєднаним до нерухомої конструкції турбореактивного двигуна 1. Фактично протягом руху вперед опори 11 першого підшипника, конічна цафка 29 опори 11 першого підшипника упирається в стінку 33 обода 32 обмежувального кільця 30, котре таким чином гарантує зупинку осьового переміщення опори 11 першого підшипника, а отже, і вентилятора 2, який не викидається з турбореактивного двигуна. Обертання вентилятора 2

може ненадовго продовжитися, до зупинки за рахунок тертя.

Крива 33', якою визначається внутрішня поверхня 33 обода 32, оптимізована таким чином, що примикання конічної цапфи 29 опори 11 першого підшипника до цієї поверхні 33, а отже, зупинка вентилятора 2, відбувається плавно, незалежно від кута, який може існувати між віссю 5' вала 5 компресора і віссю 4 турбореактивного двигуна 1. Ця викривлена форма внутрішньої поверхні 33 обода 32, в осьовій площині є меридіанною кривою, з обертальною симетрією навколо осі 4 турбореактивного двигуна. В даному випадку крива 33', в осьовому перерізі, має кругову форму. Ця крива 33' могла б бути складнішої форми, аби узгоджуватися, наприклад, з різними фазами процесу роз'єднання - з контактом або без нього, залежно від стадій.

Як результат, тривале обертання вентилятора 2 після від'єднання опори 11 першого підшипника не обов'язково відбувається навколо осі 4 турбореактивного двигуна 1, оскільки фактично вал 5 компресора більше не центрується першим підшипником 6. У момент розриву вала 5 компресора і його руху вперед, кут його осі 5' з віссю 4 турбореактивного двигуна 1 має випадковий характер. Ця випадковість не стає на заваді зупинки вентилятора 2 обмежувальним кільцем 30, завдяки оптимізованій формі стінки 33 його обода 32. Під час тривалого обертання вентилятора 2, поєднаного з його рухом вперед, обід робить можливим також повернення вентилятора 2 і вала 5 компресора до осі 4 турбореактивного двигуна 1, що видно на фіг. 4.

Винахід описано стосовно опори першого підшипника, прикріпленого до нерухомої конструкції турбореактивного двигуна за допомогою опори другого підшипника, при цьому обмежувальне кільце прикріплене до нерухомої конструкції турбореактивного двигуна гвинтами, призначеними для кріплення опори другого підшипника до цієї нерухомої конструкції. Само собою зрозуміло, що опора першого підшипника, опора другого підшипника і обмежувальне кільце могли б бути прикріплені до нерухомої конструкції турбореактивного двигуна незалежно один від одного, і що вони могли б виконувати такі ж функції, як описані вище.

Крім того, у випадку, коли обмежувальне кільце у незалежний спосіб прикріплене до нерухомої конструкції турбореактивного двигуна, опора другого підшипника могла б бути прикріплена до цієї конструкції розривними гвинтами. Таким чином, можливе роз'єднання обох підшипників, причому припинення осьового переміщення обмежувальним кільцем відбувається лише в разі розриву вала компресора.

Цапфа 29 опори 11 першого підшипника, що розміщена вниз по потоку, як тут описано, має конічну форму. Само собою зрозуміло, що в осьовому перерізі вона може мати також викривлену форму, причому ця форма оптимізується у відношенні кривої 33', представленої поверхнею 33 обода 32 обмежувального кільця 30, так, щоб зупинка вентилятора здійснювалась плавно, без будь-якого впливу кута.

Можна бачити, що обмежувальне кільце 30 може виконувати також функцію дублюючого підшипника, діючи як підшипник для вала 5 компресора у випадку розриву останнього після від'єднання першого підшипника 6.

Винахід описано стосовно турбореактивного двигуна, зокрема, двовального турбореактивного двигуна, другий підшипник якого є тим підшипником, яким підтримується ротор низького тиску. Винахід можна застосувати також до турбінних пристроїв інших видів, як наприклад, турбогвинтового двигуна, промислового турбонагнітача або промислової турбіни, де ротор не використовується як ротор вентилятора, а просто, як ротор.

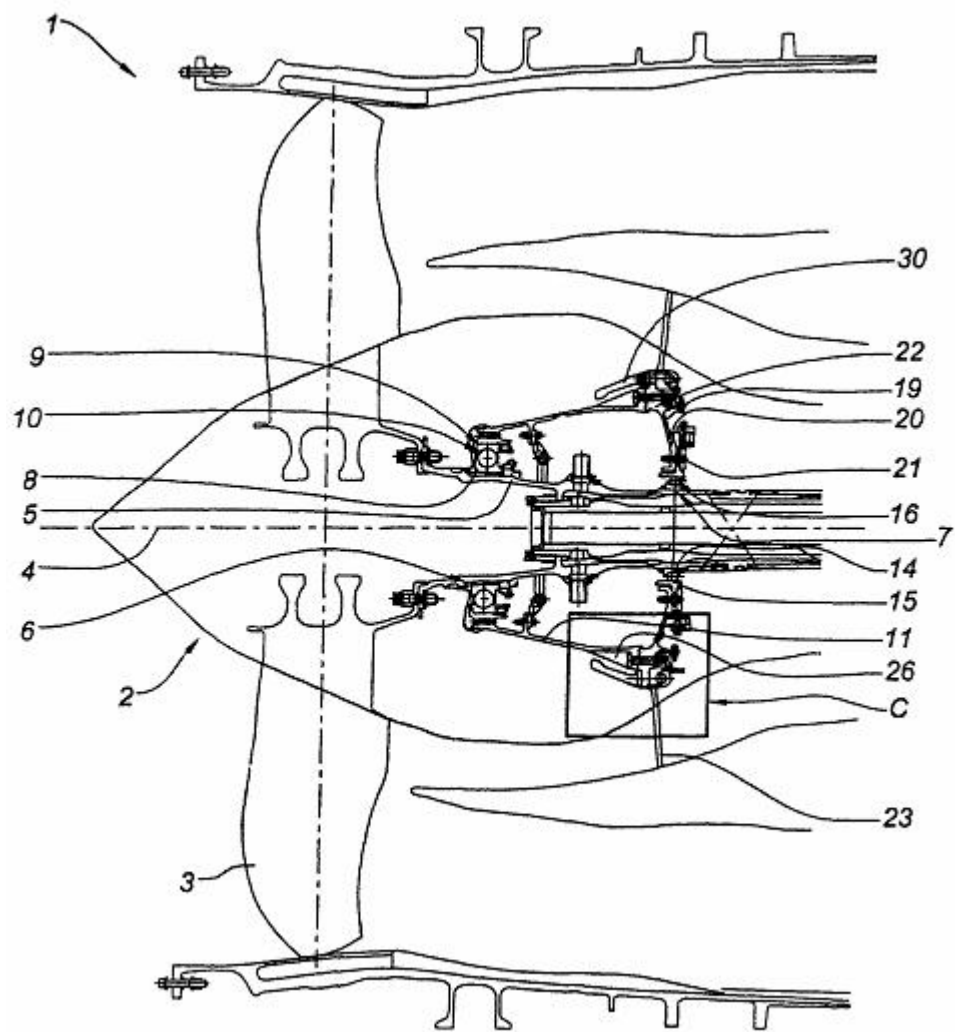


Fig. 1

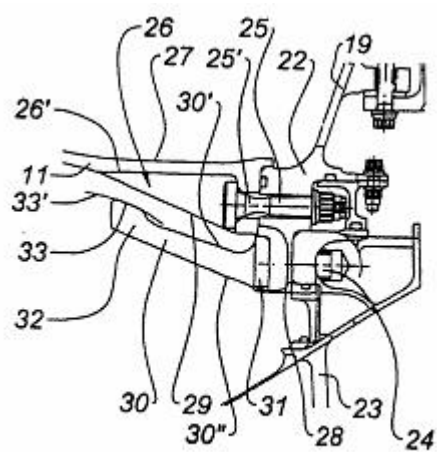
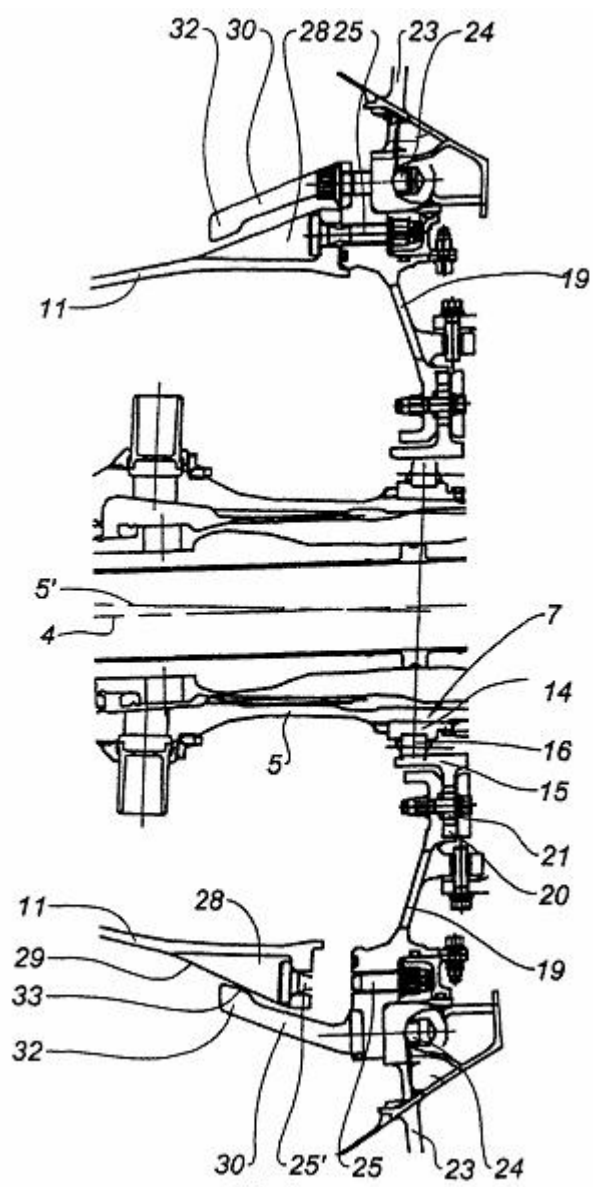


Fig. 2



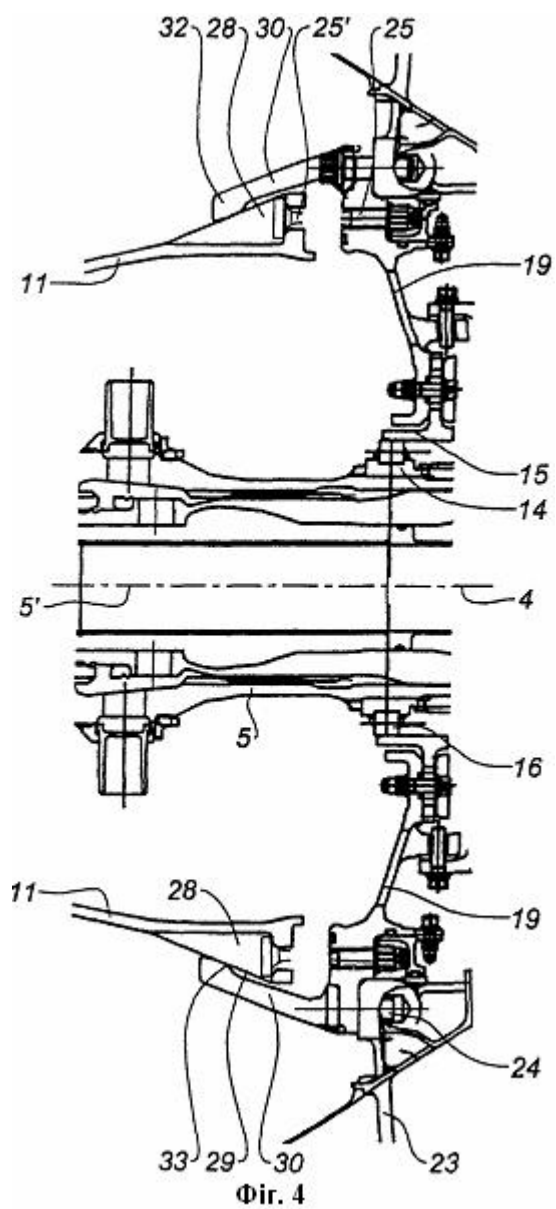


Fig. 4