

Винахід стосується області реактивних двигунів, а конкретніше, двигунів, у яких вентилятор нероздільно закріплений на привідному валі, що підтримується першим підшипником і другим підшипником.

Згаданий турбореактивний двигун, згорі донизу в напрямі струменя вихідних газів, містить вентилятор, один або більше ступенів компресора, один або більше ступенів турбіни і випускний патрубок. 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 реактивного двигуна першим підшипником, що знаходиться вгору по потоку від другого підшипника, приєднаного до нерухомої конструкції, зокрема, до роздільного корпусу.

Оскільки вентилятор змонтований нероздільно з валом компресора, який є валом ротора низького тиску в двоконтурному двигуні, то в подальшому описі цей вал будемо називати єдиним терміном "вал компресора".

Перший підшипник підтримується опорною деталлю, котра формує кожух навколо вала компресора, спрямований униз по потоку від першого підшипника і приєднаний до нерухомої конструкції реактивного двигуна. Другий підшипник підтримується опорною деталлю, яка також приєднана до нерухомої конструкції реактивного двигуна.

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

Щоб запобігти ризику надто великого ушкодження реактивного двигуна, конструкція може бути виконана з припусками або, як пропонується патентом FR 2 752 024, для першого підшипника може бути передбачена система роз'єднування. Опорна деталь першого підшипника приєднується до конструкції реактивного двигуна з допомогою так званих зрізаних гвинтів, котрі мають ослаблену ділянку, яка спричинює їх розрив, якщо прикладені навантаження дуже великі. Таким чином, у разі розбалансування вала компресора, зусилля, які виникають на першому підшипнику, передаються до зрізаних гвинтів, котрі розриваються, від'єднуючи опорну деталь першого підшипника від конструкції реактивного двигуна. Згідно з одним варіантом здійснення винаходу, опора другого підшипника пов'язана з опорою першого підшипника і супроводжує її при роз'єднуванні. Наразі, напруження, викликані розбалансуванням, більше не передаються цими опорними деталями до нерухомої конструкції реактивного двигуна.

Однак, після роз'єднування підшипників вентилятор продовжує обертатися, а вал компресора, маючи велике зміщення, ймовірно, більше не може обертатися навколо своєї осі, і це може пошкодити нерухому конструкцію реактивного двигуна. В даному випадку патентом FR 2 752 024 пропонується виконати, на нерухомій конструкції реактивного двигуна, виступ, який оточує опорну деталь обох підшипників і діє як осьовий обмежувач та як аварійний підшипник.

Проте, в цьому випадку аварійний підшипник знаходиться радіально далеко від перших підшипників, а це цілком змінює розподіл зусиль, прикладених до різних деталей двигуна.

Нарешті, оскільки в деяких випадках після роз'єднування першого підшипника другий підшипник може забезпечити утримання вала компресора, то не є необхідним, аби обидва підшипники кожного разу одночасно роз'єднувалися, бо перевага завжди віддається реактивному двигуну, який підтримується в конфігураціях, що є найближчими до нормальних.

Задачею даного винаходу є подолати ці недоліки.

З цією метою винахід стосується турбореактивного двигуна, що містить нерухому конструкцію, ротор вентилятора, який нероздільно закріплений на привідному валі, що підтримується першим підшипником і другим підшипником, який відрізняється тим, що він містить засоби, котрими формуються осьові стопорні засоби для ротора вентилятора та/або формується аварійний підшипник і котрі взаємодіють із засобами нерухомої конструкції та котрі змонтовані як єдине ціле з привідним валом.

Оскільки реактивний двигун містить структурний фланець, на якому закріплено другий підшипник, то засоби, якими формуються осьові стопорні засоби для вентилятора та/або формується аварійний підшипник, переважно містять стопорний диск, який укріплений на привідному валі і взаємодіє із обмежувальним диском фланця, щоб утримувати вентилятор в осьовому напрямі, а також з поздовжнім стаканом фланця, щоб формувати аварійний підшипник.

Переважно також, що засоби, якими забезпечується утримання вентилятора в осьовому напрямі та/або формується аварійний підшипник, установлені так, щоб передавати осьові зусилля безпосередньо до привідного вала. Якби цього не було, то під час осьового утримання вентилятора зусилля, що виникли на опорних деталях підшипників, могли б поширюватися вздовж опорної деталі другого підшипника і призвести до зривання стопорної гайки другого підшипника, встановленої на валі компресора. Таке зривання ліквідувало б осьове утримання другого підшипника на валі компресора. Оскільки вентилятор продовжував би обертатися, то це подало б вал компресора уперед, і він міг би ковзнути в другий підшипник, який не утримується в осьовому напрямі, та на інші елементи, закріплені в цій точці. В результаті вентилятор був би виштовхнутий за межі реактивного двигуна, а це мало б згубні наслідки.

Другий підшипник переважно містить внутрішнє кільце, зовнішнє кільце і ролики, встановлені між згаданими кільцями, а стопорний диск має радіальні зуби, котрі аксіально прилягають до зубів привідного вала, і заблокований від обертання поздовжніми зубами внутрішнього кільця другого підшипника.

Винахід буде краще зрозумілим з наступного опису варіанту здійснення турбореактивного двигуна, якому згідно з винаходом віддається перевага, з посиланням на додані ілюстрації, де:

Фіг. 1 - осьовий переріз варіанту здійснення винаходу, якому віддається перевага;

Фіг. 2 - збільшене зображення області С з Фіг. 1;

Фіг. 3 - перспективний вид ззаду вала компресора і структурного фланця варіанту здійснення винаходу, якому віддається перевага;

Фіг. 4 - перспективний вид ззаду з просторовим розділенням деталей вала компресора, структурного фланця і стопорного кільця у варіанті здійснення винаходу, якому віддається перевага;

Фіг. 5 - перспективний вид ззаду з просторовим розділенням деталей вала компресора, структурного фланця; стопорного кільця і внутрішнього кільця другого підшипника у варіанті здійснення винаходу, якому віддається перевага;

Фіг. 6 - перспективний вид ззаду з просторовим розділенням деталей вала компресора, структурного фланця, стопорного кільця, внутрішнього кільця другого підшипника і опори для другого підшипника у варіанті здійснення винаходу, якому віддається перевага;

Фіг. 7 - схематичне зображення, у перспективі, монтування зовнішнього кільця в опорі другого підшипника у варіанті здійснення винаходу, якому віддається перевага;

Фіг. 8 - перспектива структурного фланця у варіанті здійснення винаходу, якому віддається перевага;

Фіг. 9 - схематичний вид збоку в перерізі другого підшипника у варіанті здійснення винаходу, якому віддається перевага; після розриву вала компресора, та

Фіг. 10 - переріз іншого варіанта здійснення винаходу.

Як показано на Фіг. 1, турбореактивний двигун згідно з винаходом містить вентилятор 2, ротор якого має лопаті 3, що радіально поширюються навколо осі 4 реактивного двигуна. Вал вентилятора 2 прикріплений, нижче по потоку від лопатей 3, до вала 5 компресора, який загалом має циліндричну форму. Це - вал компресора низького тиску. У подальшому в цьому описі на вузол вала вентилятора 2 і вала 5 компресора будемо посилатися, як на вал 5 компресора або привідний вал 5. Вал компресора підтримується першим підшипником 6 і другим підшипником 7, розміщеним вниз по потоку від першого підшипника 6.

З Фіг. 2 видно, що перший підшипник містить внутрішнє кільце 8 і зовнішнє кільце 9, між якими вставлені кульки 10 підшипника. Внутрішнє кільце 8 установлене як єдине ціле з валом 5 компресора, а зовнішнє кільце складає єдине ціле з опорною деталлю 11 підшипника, яку в подальшому називатимемо опорою 11 першого підшипника. Кульки 10 підшипника дають можливість обертатися внутрішньому кільцю 8, а отже, і валу 5 компресора, відносно зовнішнього кільця 9, а отже, відносно опори 11 першого підшипника.

Опора 11 першого підшипника поширюється від першого підшипника 6 в напрямі вниз по потоку; загалом вона має циліндричну форму, злегка конічна, її діаметр зростає в напрямі вниз по потоку. Вона закріплена на фланці 18 нерухомої конструкції реактивного двигуна 1, який нерозрізно з'єднаний, зокрема, з роздільним корпусом двигуна і надалі називатиметься структурним фланцем 18, за допомогою розташованого вниз по потоку кріпильного елемента 12, який пригвинчений зрізаними гвинтами 13. Ці зрізані гвинти 13 мають ослаблену ділянку 13' з низьким опором до розтяжних сил, що призводить до їх розривання, коли зусилля стають надто великими, зокрема, коли внаслідок втрати лопаті 3 відбувається розбалансування вала 5 компресора.

Другий підшипник 7 містить внутрішнє кільце 14 і зовнішнє кільце 15, між якими вставлені ролики 16. Коли двигун працює нормально, що буде описано нижче, то внутрішнє кільце 14 складає єдине ціле з валом 5 компресора, а зовнішнє кільце 15 - єдине ціле з нерухомою конструкцією реактивного двигуна 1. Ролики 16 установлені паралельно осі 4 реактивного двигуна 1, в каналі 14а, що проходить по окружності внутрішнього кільця 14, і вони утримуються на відстані один від одного сепаратором 17, добре відомим спеціалістам галузі. Вони дозволяють внутрішньому кільцю 14 обертатися відносно зовнішнього кільця 15, а отже, валу 5 компресора відносно нерухомої конструкції реактивного двигуна 1.

Другий підшипник 7 підтримується опорною деталлю 19 підшипника, яку надалі називатимемо опорою 19 другого підшипника і яка містить корпус 20, або кільце 20, котре щільно оточує зовнішнє кільце 15 другого підшипника 7 та від окружності якого радіально відходить фіксуючий кріпильний елемент 21, пригвинчений до структурного фланця 18 зрізаними гвинтами 22.

Зовнішнє кільце 15 другого підшипника 7 містить зовнішню поверхню 23 опуклої сферичної форми, якщо дивитися в осьовому перерізі. Ця опукла сферична поверхня 23 пригнана до внутрішньої поверхні 24 кільця 20 опори 19 другого підшипника, що має увігнуту сферичну форму. Обидві сферичні поверхні, опукла 23 і увігнута 24, формують між собою з'єднання, а саме, кульовий шарнір (23, 24). Вони виставлені так, що при нормальній роботі реактивного двигуна 1 з'єднання, що має вигляд кульового шарніра (23, 24), не обертається. У цьому випадку зовнішнє кільце 15 другого підшипника 7 нерухоме відносно опори 19 другого підшипника, а отже, відносно нерухомих частин реактивного двигуна 1. Його поведінка у випадку втрати лопаті 3 описана далі.

Опис конструкції елементів реактивного двигуна 1, які знаходяться в районі другого підшипника 7, буде зроблено шляхом опису монтажу його елементів, з посиланням на Фігури 3 - 6, що сприятиме розумінню їх розстановки.

Як видно з Фіг. 3, вал 5 компресора, над структурним фланцем 18, містить дві виступаючі кільцеві ділянки, верхню 25 по потоку і нижню 26 по потоку, які утворюють кільцеву канавку 27. Виступаюча ділянка 26 містить радіальні виїмки 26', між котрими формуються зуби 26". Зуби 26" і виїмки 26' мають, переважно, однаковий розмір по окружності, і отже, загалом кожен вид цих елементів займає одну половину окружності вала 5 компресора.

З Фіг. 4 видно, що в кільцеву канавку 27 вала 5 компресора уставлено стопорний диск 28. Цей стопорний диск 28, на своєму внутрішньому радіальному краю, містить виїмки 28' і радіальні зуби 28", окружні розміри яких відповідають розмірам виїмок 26' і зубів 26" вала 5 компресора. Під час монтажу стопорний диск 28 кріпиться на валі 5 компресора в напрямі вгору по потоку, при цьому його зуби 28" вставляються у виїмки 26' вала 5 компресора, доки вони не примикають до нижньої по потоку поверхні верхньої по потоку виступаючої кільцевої ділянки 25 вала 5 компресора; далі стопорний диск 28 обертають навколо осі 4 реактивного двигуна 1, поки його зуби 28" аксіально не співпадуть із зубами вала 5 компресора; у цьому положенні вони обмежуються нижньою по потоку поверхнею верхньої по потоку виступаючої кільцевої ділянки 25 і верхньою по потоку поверхнею зубів 26" вала 5 компресора, тоді як виїмки 26', 28' вала 5 компресора і стопорного диска 28 аксіально співпадають.

На Фіг. 5 показано, що внутрішнє кільце 14 другого підшипника 7, на його розташованій вгору по потоку частині, містить виїмки 14' і поздовжні зуби 14", окружні розміри яких відповідають окружним розмірам раніше описаних виїмок 26', 28' і зубів 26", 28". Внутрішнє кільце 14 закріплюється на валі 5 компресора, а його зуби

14" вставляються у виїмки 26', 28' вала 5 компресора і стопорного диска 28, доки вони не примкнуть до нижньої по потоку поверхні верхньої по потоку виступаючої кільцевої ділянки 25 вала 5 компресора, при цьому поперечна поверхня його виїмок 14" примикає до зубів 26" вала 5 компресора. Таким чином, зуби 14" внутрішнього кільця 14 блокують обертання стопорного диска 28, зуби 28" якого аксіально примикають до зубів 26" вала 5 компресора.

З Фіг. 6 видно, що ролики 16 установлені на внутрішньому кільці 14, в каналі 14а, передбаченому для цієї мети; сепаратор 17, який утримує їх разом, не показаний. Навколо роликів 16 припасоване зовнішнє кільце 15 другого підшипника 7, установлене в опорі 19 другого підшипника; внутрішня поверхня 15а зовнішнього кільця 15 прямолінійна, якщо дивитися в осьовому перерізі, і має більший поздовжній розмір, ніж ролики 16. Кріпильний елемент 21 опори 19 другого підшипника прикріплений до структурного фланця 18 з допомогою різьбованих гвинтів 22.

Далі, з посиланням на Фіг. 7, буде пояснено монтаж зовнішнього кільця 15 другого підшипника 7 у кільці 20 опори 19 другого підшипника, з метою формування з'єднання у вигляді кульового шарніра (23, 24). Кільце 20 опори 19 другого підшипника містить дві монтажні виїмки 20', 20", які займають діаметрально протилежне положення, а їх окружний розмір відповідає поздовжньому розміру зовнішнього кільця 15 другого підшипника 7. На фігурі показано, що зовнішнє кільце 15 розташоване своїм боком до опори 19 другого підшипника і ковзним рухом входить у ці виїмки 20', 20". Далі його обертають на 90°, так що його зовнішня поверхня 23 прилягає до внутрішньої поверхні 24 кільця 20 опори 19 другого підшипника, формуючи, таким чином, з'єднання у вигляді кульового шарніра (23, 24).

На валі 5 компресора вниз по потоку від внутрішнього кільця 14 другого підшипника 7 можуть бути закріплені й інші елементи. Наприклад, у даному випадку, з посиланням на Фігури 1 і 2, передбачено пристрій 29 відбору руху, аби за рахунок руху вала 5 компресора приводити в рух інші елементи, разом з так званим лабіринтним з'єднанням 30. Як тільки всі елементи підігнані, вузол фіксується в осьовому напрямі стопорною гайкою 31.

З Фіг. 8 видно, що структурний фланець 18 просвердлений в центрі. У своїй центральній частині він містить поздовжній стакан 32, і з верхнього по потоку кінця стакана суцільно і радіально всередину поширюється обмежувальний диск 33, внутрішній край якого утворює центральний отвір фланця 18. Обмежувальний диск 33 розташований так, що верхня по потоку поверхня 34 стопорного диска 28 може спиратися на його нижню по потоку поверхню 35. Прилягаючі поверхні 34, 35, які сформовані цими двома поверхнями 34, 35, розташовані у доповняльний спосіб, так що натискання однієї з них на іншу є однорідним, наскільки це можливо. В описаному тут варіанті турбореактивного двигуна 1, згідно з винаходом, прилягаючі поверхні 34, 35 мають конічну форму. Ці прилягаючі поверхні могли б бути також плоскими або, переважно, сферичними. Функцією обмежувального диска 33 є осьове блокування вала 5 компресора у разі його розриву, внаслідок чого вентилятор 2, який нероздімно закріплений на ньому, не подається уперед, як буде пояснено нижче.

Далі детальніше буде описана робота турбореактивного двигуна 1 згідно з винаходом у випадку втрати лопаті 3 вентилятора 2.

Втрата лопаті 3 викликає розбалансування вала 5 компресора. Зусилля, що виникли, призводять до розривання різьбованих гвинтів 13, якими опора 11 першого підшипника кріпиться до структурного фланця 18, і до від'єднання цієї опори 11 від нерухомої конструкції реактивного двигуна 1.

Другий підшипник 7, у наступному, не обов'язково від'єднується від нерухомої конструкції реактивного двигуна 1, оскільки з'єднання у вигляді кульового шарніра (23, 24) робить можливою амортизацію невеликого згинання вала 5 компресора. Ми бачили, що регулювання зовнішнього кільця 15 другого підшипника 7 у кільці 20 опори 19 другого підшипника виконане так, що при нормальній роботі реактивного двигуна 1 з'єднання у вигляді кульового шарніра (23, 24) не обертається, але може обертатися у випадку розбалансування вала 5 компресора. Таким чином, згинання вала 5 компресора викликає обертання з'єднання, що має вигляд кульового шарніра (23, 24), навколо центра сфери, визначеної сферичними поверхнями 23, 24, які й формують цю сферу.

Однак, якщо згинання вала 5 компресора буде дуже великим або якщо це згинання не буде амортизуватися простим обертанням з'єднання у вигляді кульового шарніра (23, 24), зокрема, коли згин зміщений відносно осі 4 реактивного двигуна 1, то різьбовані гвинти 22, котрими опора 19 другого підшипника кріпиться до структурного фланця 18, розірвуться. Це розривання робить можливим радіальне переміщення другого підшипника 7 і його опори 19. Крім того, стають можливими поздовжні переміщення, за рахунок осьового ковзання роликів 16 по внутрішній поверхні 15а зовнішнього кільця 15 другого підшипника 7, поздовжній розмір якої перевищує довжину роликів 16.

Таким чином, завдяки винаходу, переміщення, пов'язані з роз'єднуванням першого підшипника 6, приймає на себе другий підшипник 7, без прикладання надлишкових зусиль до роликів 16, оскільки в другому підшипнику 7 можливі радіальні, поздовжні і кутові переміщення. Переміщенню цих деталей ніщо не перешкоджає.

Однак, якщо руйнуються ролики 16, то стопорний диск 28, своєю радіально зовнішньою поверхнею 36, може притиснутися до внутрішньої поверхні 37 поздовжнього стакана 32 фланця 18; у такому випадку ці елементи діють як аварійний підшипник. Якщо від диска 28 і стакана 32 вимагається виконання цієї функції, то відповідно може бути вибрана радіальна відстань між зовнішньою поверхнею 36 стопорного диска 28 і внутрішньою поверхнею 37 поздовжнього стакана 32.

Проте, незважаючи на різні описані вище запобіжні пристрої, розрив вала 5 компресора може трапитися. А тому передбачена система критичного захисту. У випадку розривання вала 5 компресора, обертання вентилятора 2 тягне його вперед разом з валом 5 компресора, до якого він нероздімно прикріплений. Тоді горіння по потоку поверхні 34 стопорного диска 28 підходить упритул до нижньої по потоку поверхні 35 обмежувального диска 33, нероздімно з'єднаного з нерухомою конструкцією реактивного двигуна 1. Отже, у випадку розриву вала 5 компресора (або вала турбіни, з яким вал 5 компресора складає єдине ціле),

обмежувальний диск 33 діє, як осьовий обмежувач для вентилятора 2. Тут, відповідно, стає явною перевага сферичної форми обох прилягаючих поверхонь 34, 35 стопорного диска 28 і обмежувального диска 33; під час контакту це дає можливість забезпечити однорідний контакт, незалежно від нахилу вала 5 компресора відносно структурного фланця.

Під час контакту і після нього зусилля передаються стопорним диском 28 до його зубів 28", які передають їх до зубів 26" вала 5 компресора, а отже, і до вала 5 компресора. Таким чином, за рахунок устаткування стопорного диска 28 і внутрішнього кільця 14 другого підшипника 7 на валі 5 компресора, зусилля, викликані при стримуванні вентилятора 2 в осьовому напрямі обмежувальним диском 33, не передаються до стопорної гайки 31; їх передача мала б згубні наслідки, оскільки зривання стопорної гайки 31 привело б до ковзання різних елементів, насаджених на вал 5 компресора, та до виштовхування вентилятора 2 і вала компресора 5 уперед; проте, натомість, ці зусилля передаються до вала 5 компресора.

Таким чином, за допомогою пристрою згідно з винаходом можна забезпечити осьове утримування, в другому підшипнику 7, вала компресора, а отже, і вентилятора 2, без передачі будь-яких зусиль, викликаних утримуванням, до стопорної гайки 31 другого підшипника 7.

Аварійний підшипниковий пристрій і осьове утримування реактивного двигуна, згідно з винаходом, описані у поєднанні із з'єднанням, що має вигляд кульового шарніра (23, 24), оскільки їх функції є доповняльними.

Очевидно, що пристрій згідно з винаходом з його стопорним диском 28 і обмежувальним диском 33, які установлені так, що зусилля від їх контакту передаються не до стопорної гайки 31, а безпосередньо до вала 5 компресора, може бути застосованим до реактивного двигуна будь-якого типу, який містить вал 5 компресора, підтримуваний двома підшипниками 6, 7, незалежно від типу цих двох підшипників 6, 7.

Наприклад, на Фіг. 10 можна побачити турбореактивний двигун 41, який практично подібний раніше описаному реактивному двигуну 1. Зокрема, він містить привідний вал 45, підтримуваний першим підшипником 46 і другим підшипником 47. Перший підшипник 46 підтримується опорною деталлю 411, приєднаною до фланця 418, подібного фланцю 18, описаному раніше. Фланець 418, у своїй центральній частині також містить поздовжній стакан 432, на верхньому по потоку кінці якого знаходиться обмежувальний диск 433, що поширюється суцільно і радіально всередину, і внутрішній край якого формує центральний отвір фланця 418.

Другий підшипник 47 містить внутрішнє кільце 414, подібне до описаного вище внутрішнього кільця 14, а також зовнішнє кільце 415, між якими вставлені ролики 416. Зовнішнє кільце 415, на своїй зовнішній окружності, містить фіксуючий кріпильний елемент 421, який приєднаний до фланця 418. На привідному валі 45, аналогічним чином, встановлено стопорний диск 428, подібний до описаного вище стопорного диска 28.

У даному випадку стопорний диск 428 встановлено так, що радіальна відстань між його зовнішньою поверхнею 436 і внутрішньою поверхнею 437 поздовжнього стакана 432 досить мала, а тому може бути забезпечена належним чином функція аварійного підшипника, яку виконують стопорний диск 428 і поздовжній стакан 432. Отже, якщо руйнуються ролики 416, то зовнішня поверхня 436 стопорного диска 428 притиснеться до внутрішньої поверхні 437 поздовжнього стакана 432, виконуючи свою функцію аварійного підшипника, при цьому радіальне зміщення не буде дуже великим.

Як і раніше, у випадку розриву вала 45 компресора горішня по потоку поверхня 434 стопорного диска 428 упреться в нижню по потоку поверхню 435 обмежувального диска 433, який у випадку розриву вала 45 компресора діє як осьовий обмежувач для вентилятора. Як і раніше, дві розглядувані прилягаючі поверхні 434, 435 можуть бути плоскими, поперечними, конічними або сферичними.

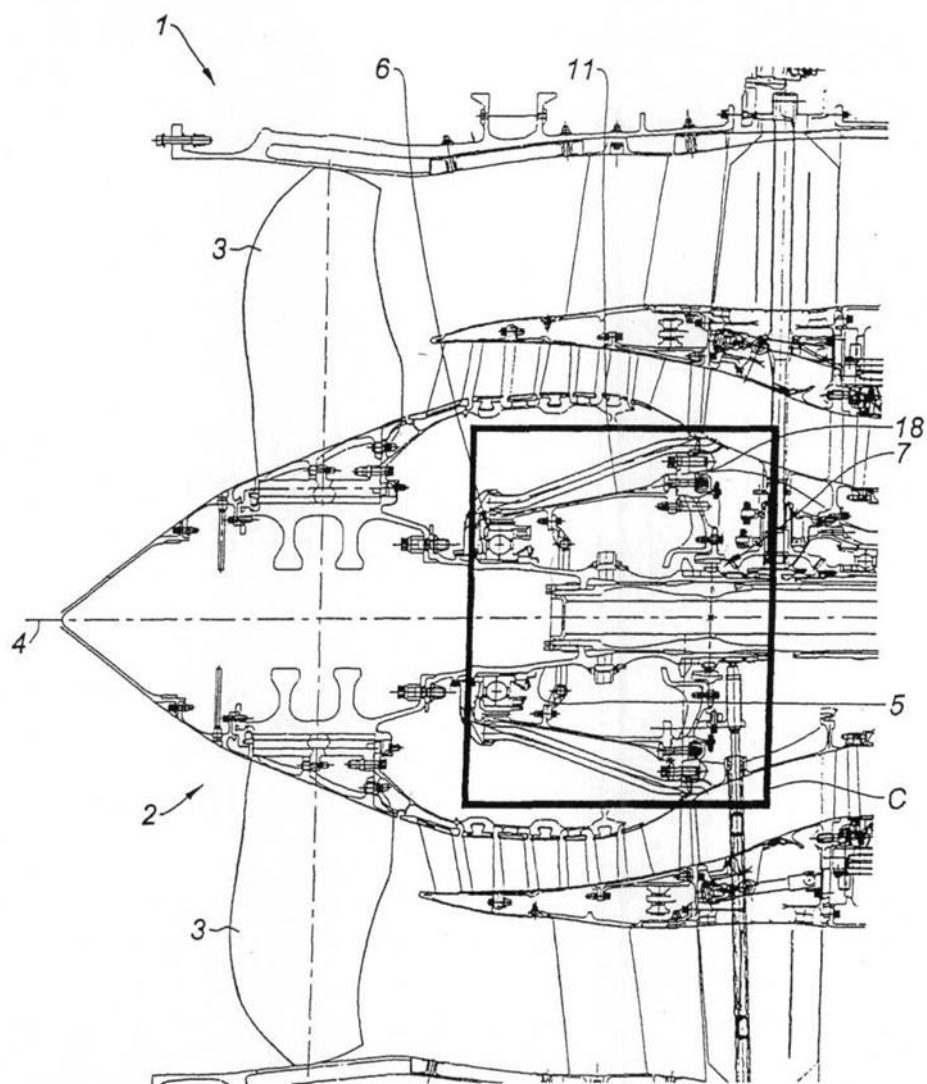


Fig. 1

