

Винахід стосується області турбореактивних двигунів, і зокрема, турбовентиляторних двигунів, у яких вентилятор закріплений на привідному валі, що підтримується першим підшипником і другим підшипником.

Турбореактивний двигун цього виду містить, по порядку згори донизу вздовж напрямку газового потоку, вентилятор, один або більше ступенів компресора, один або більше ступенів турбіни і реактивне сопло. Вентилятор містить ротор, оснащений по його периферії лопатями, котрі при обертанні втягують повітря в турбореактивний двигун. Ротор вентилятора підтримується валом компресора низького тиску двигуна. Він центрується на середній лінії турбореактивного двигуна першим підшипником, що знаходиться вгору по потоку від другого підшипника, приєднаного до нерухомої конструкції, зокрема, до роздільного корпусу.

Оскільки вентилятор закріплений на валі компресора, який є валом ротора низького тиску в двовальному двигуні, то в подальшому описі цей вал будемо просто називати "вал компресора".

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

Лопать вентилятора може бути випадково втраченою. Це створює велике розбалансування маси на валі компресора, що призводить до появи навантажень і вібрацій, які прикладаються до підшипників і через їх опорні деталі передаються до нерухомих конструкцій турбореактивного двигуна, котрі, таким чином, можуть бути пошкодженими.

Ризику надто великого ушкодження турбореактивного двигуна можна уникнути за рахунок збільшення розмірів конструкції або шляхом запровадження системи роз'єднування для першого підшипника, як це описано в патенті FR 2 752 024. Опорна деталь першого підшипника приєднана до конструкції турбореактивного двигуна з допомогою так званих зрізаних гвинтів, котрі мають ослаблену ділянку, по якій гвинти розриватимуться, якщо прикладено надлишкові зусилля. Таким чином, коли на валі компресора трапляється розбалансування маси, то сили, які виникають на першому підшипнику, передаються до зрізаних гвинтів, котрі розриваються, від'єднуючи опорну деталь від першого підшипника, а отже, перший підшипник від конструкції турбореактивного двигуна. Після цього сили, викликані розбалансування маси, більше не передаються через цю опорну деталь до нерухомої конструкції турбореактивного двигуна.

Однак, вентилятор продовжує обертатися. Розбалансована маса спричинює згинання вала компресора, що може викликати зміщення між внутрішнім і зовнішнім кільцями другого підшипника. Крім того, згинання вала викликає важільний ефект, що призводить до прикладання напружень до роликів або кульок підшипників. Внаслідок цього можливе руйнування другого підшипника.

В патенті FR 2 831 624, тих самих заявників, описані засоби, в яких другий підшипник змонтований з радіальним зазором у розширенні опори кожуха. Опора другого підшипника зафіксована паралельно валу гвинтами, які розплавляються при зсуві. Внаслідок цього, другий підшипник може підтримуватися в опорі кожуха. Це зменшує ризик тертя.

Даний винахід має на меті гарантувати функцію центрування другим підшипником після роз'єднування першого підшипника та передати сили роз'єднування в другий підшипник без прикладання надмірних напружень на ролики.

Щоб досягти цього, винахід стосується турбореактивного двигуна, що містить нерухому конструкцію, ротор вентилятора, котрий закріплений на привідному валі, що підтримується першим підшипником і другим підшипником, які установлені на згаданій конструкції і прикріплені з допомогою несучої опорної деталі, при цьому перший підшипник установлений на нерухомій конструкції турбореактивного двигуна через пристрій, котрий робить можливим його від'єднування від нерухомої конструкції, який (двигун) відрізняється тим, що другий підшипник установлений на несучій опорній деталі через з'єднання, котре діє як кульовий шарнір, та тим, що турбореактивний двигун містить також засоби, які роблять можливими осьові переміщення другого підшипника відносно нерухомої конструкції турбореактивного двигуна у разі, якщо від'єднується перший підшипник.

Другий підшипник, переважно, містить зовнішнє опорне кільце, причому зовнішня поверхня цього зовнішнього кільця сферична і підігнана до внутрішнього корпусу сферичної форми, що знаходиться в опорній деталі підшипника.

Згідно з іншим варіантом здійснення винаходу турбореактивний двигун містить також засоби, котрі роблять можливими радіальні переміщення другого підшипника відносно нерухомої конструкції турбореактивного двигуна, якщо перший підшипник роз'єднується.

У цьому випадку засоби, котрі роблять можливими радіальні переміщення, переважно містять зрізані гвинти для кріплення опорної деталі підшипника до нерухомої конструкції турбореактивного двигуна.

Переважним також є випадок, коли другий підшипник містить внутрішнє кільце, зовнішнє кільце і ролики, вставлені між згаданими кільцями, а між внутрішнім кільцем і зовнішнім кільцем можливе осьове переміщення.

Турбореактивний двигун згідно з винаходом містить також засоби, що забезпечують утримування в осьовому напрямі ротора вентилятора та/або формують додатковий підшипник, який взаємодіє із засобами нерухомої конструкції та прикріплений до вала двигуна.

Переважно також, що турбореактивний двигун містить структурний фланець, на якому закріплений другий підшипник, а засоби, котрими забезпечується осьове утримування вентилятора та/або формується додатковий підшипник, містять стопорний диск, котрий установлений на привідному валі і взаємодіє з обмежувальним диском кільця, щоб утримувати вентилятор в осьовому напрямі, та з поздовжнім стаканом

кільця, щоб сформувати додатковий підшипник.

Переважно також, що засоби, котрі забезпечують осьове утримування вентилятора та/або формують додатковий підшипник, розташовані так, щоб передавати осьові зусилля безпосередньо до привідного вала.

У цьому випадку другий підшипник, переважно, містить внутрішнє кільце, зовнішнє кільце і ролики, вставлені між згаданими кільцями, а стопорний диск має радіальні зуби, що аксіально прилягають до зубів привідного вала, і заблокований від обертання поздовжніми зубами внутрішнього кільця другого підшипника.

Винахід може бути застосованим, зокрема, у двовальному турбореактивному двигуні, в якому другий підшипник є підшипником, що підтримує ротор низького тиску, але заявник не має наміру обмежувати обсяг своїх прав цим застосуванням.

Винахід буде краще зрозумілим після ознайомлення з наступним описом 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 з Фіг.1, обмеженої прямокутником С;

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; та

Фіг.9 - схематичний вид збоку в перерізі другого підшипника у варіанті здійснення винаходу, якому віддається перевага; після розриву 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 реактивного двигуна. Вал 2 вентилятора 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 2 вентилятора і вала 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 вниз по потоку від першого підшипника 6.

З Фіг.2 видно, що перший підшипник 6 містить внутрішнє кільце 8 і зовнішнє кільце 9, між якими вставлені кульки 10. Внутрішнє кільце 8 прикріплене до вала 5 компресора, а зовнішнє кільце прикріплене до опорної деталі 11 підшипника, яку в подальшому називатимемо опорою 11 першого підшипника. Кульки 10 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 на нерухомій конструкції турбореактивного двигуна 1, і зокрема, прикріплена до роздільного корпусу турбореактивного двигуна, надалі називатимемо його структурним фланцем 18, за допомогою розташованого вниз по потоку фланця 12, в який загвинчені зрізувані гвинти 13. Ці зрізувані гвинти 13 мають ослаблену ділянку 13' з низькою границею міцності на розрив, внаслідок чого вони розриваються, коли до них прикладають надто великі зусилля, зокрема, коли після втрати лопаті 3 на валі 5 компресора з'являється незбалансована маса.

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 закріплене на валі 5 компресора, а зовнішнє кільце 15 прикріплене до нерухомої конструкції турбореактивного двигуна 1. Ролики 16 установлені паралельно осі 4 турбореактивного двигуна 1, в канавці 14а, що проходить по окружності внутрішнього кільця 14, і вони утримуються на відстані один від одного обіймою 17 підшипника, добре відомою спеціалістам галузі. Ролики дозволяють внутрішньому кільцю 14 обертатися відносно зовнішнього кільця 15, а отже, через ці кільця і валу 5 компресора обертатися відносно нерухомої конструкції турбореактивного 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 затискує зовнішнє кільце 15 другого підшипника 7 та від окружності якого радіально відходить кріпильний фланець 21, пригвинчений до структурного фланця 18 зрізуваними 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 поверхня 23 і увігнута поверхня 24, разом утворюють з'єднання, а саме, кульовий шарнір (23, 24). Вони виставлені так, що при нормальній роботі турбореактивного 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 турбореактивного двигуна 1. Його поведінка у випадку втрати лопаті 3 буде описана далі.

Опис конструкції елементів турбореактивного 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, поблизу структурного фланця 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, таким чином, формуються зуби 26". Зуби 26" і виїмки 26' мають, переважно, однакові розміри по окружності, і отже, кожен вид цих елементів займає приблизно 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, по колу свого внутрішнього радіального краю, містить радіальні виїмки 28' і зуби 28", окружні розміри яких відповідають розмірам виїмок 26' і зубів 26" вала 5 компресора. Під час монтажу стопорний диск 28 насаджується на вал 5 компресора в напрямі вгору по потоку; при цьому його зуби 28" вставляються у виїмки 26' вала 5 компресора, доки вони не зупиняться, контактуючи з нижньою по потоку поверхнею кільцевої ділянки 25 вала 5 компресора, котра виступає вгору по потоку; далі стопорний диск 28 обертають навколо осі 4 турбореактивного двигуна 1, поки його зуби 28" аксіально не співпадуть із зубами вала 5 компресора. У цьому положенні вони затискуються між нижньою по потоку поверхнею кільцевої ділянки 25, що виступає вгору по потоку, 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 поздовжні виїмки 14' і зуби 14", окружні розміри яких відповідають окружним розмірам раніше згаданих виїмок 26', 28' і зубів 26", 28". Внутрішнє кільце 14 насаджується на вал 5 компресора, а його зуби 14" вставляються у виїмки 26', 28' вала 5 компресора і стопорного диска 28, доки вони не зупиняться, контактуючи з нижньою по потоку поверхнею кільцевої ділянки 25 вала 5 компресора, що виступає вгору по потоку, при цьому поперечна поверхня його виїмок 14' зупиняється в контакт із зубами 26" вала 5 компресора. Таким чином, зуби 14" внутрішнього кільця 14 блокують обертання стопорного диска 28, при цьому зуби 28" цього диска утримуються в аксіальному контакт із зубами 26" вала 5 компресора.

З Фіг.6 видно, що ролики 16 установлені на внутрішньому кільці 14, в канавці 14а, передбаченій для цієї мети; обойма 17 підшипника, яка утримує їх на місці один відносно одного, не показана. Навколо роликів 16 насажене 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 поздовжній розмір роликів 16. Фланець 21 опори 19 другого підшипника прикріплений до структурного фланця 18 з допомогою зрізуваних гвинтів 22.

Далі, з посиланням на Фіг.7, буде пояснено монтаж зовнішнього кільця 15 другого підшипника 7 у кільці 20 опори 19 другого підшипника, за рахунок чого формується з'єднання у вигляді кульового шарніра (23, 24). Кільце 20 опори 19 другого підшипника має 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 в її виїмки 20', 20". Далі його обертають на 90°, так що його зовнішня поверхня 23 приходить у контакт із внутрішньою поверхнею 24 кільця 20 опори 19 другого підшипника, формуючи, таким чином, з'єднання, що діє як кульовий шарнір (23, 24).

На вал 5 компресора вниз по потоку від внутрішнього кільця 14 другого підшипника 7 можуть бути насажені й інші елементи. Наприклад, у даному випадку, з посиланням на Фігури 1 і 2, передбачена система 29 відбору руху, для приведення в рух інших елементів за рахунок руху вала 5 компресора, разом з обертальним повітронепроникним ущільненням. Як тільки всі елементи насажені, 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 цього поздовжнього стакана суцільно і радіально всередину поширюється обмежувальний диск 33, при цьому внутрішній край обмежувального диска утворює центральний отвір фланця 18. Обмежувальний диск 33 розташований так, що верхня по потоку поверхня 34 стопорного диска 28 може входити в контакт з його нижньою по потоку поверхнею 35. Контактуючі поверхні 34, 35, які сформовані цими двома поверхнями 34, 35, виконані у доповняльний спосіб, так що одна з них може прилягати до іншої настільки рівномірно, наскільки це можливо. В описаному тут варіанті турбореактивного двигуна 1, згідно з винаходом, контактуючі поверхні 34, 35 мають кінчну форму. Ці контактуючі поверхні могли б бути також плоскими або, краще, сферичними. Функцією обмежувального диска 33 є блокування вала 5 компресора в осьовому напрямі у разі його розриву, внаслідок чого вентилятор 2, який 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 маси на валі 5 компресора. Зусилля, що виникли, розривають зрізані гвинти 13, якими опора 11 першого підшипника кріпиться до структурного фланця 18, і від'єднують цю опору 11 від нерухомої конструкції турбореактивного двигуна 1.

Другий підшипник 7 не обов'язково від'єднується від нерухомої конструкції турбореактивного двигуна 1, оскільки з'єднання у вигляді кульового шарніра (23, 24) здатне амортизувати певну величину згину вала 5 компресора. Ми бачили, що зовнішнє кільце 15 другого підшипника 7 підігнане до кільця 20 опори 19 другого підшипника до такої міри, що утворене ними з'єднання у вигляді кульового шарніра (23, 24) при нормальній роботі реактивного двигуна 1 не повертається, але може повертатися у випадку розбалансування маси на валі 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 згин вала 5 компресора дуже великий або якщо цей згин не може бути амортизованим за рахунок простого обертання з'єднання у вигляді кульового шарніра (23, 24), зокрема, наприклад, коли згин зміщений відносно осі 4 турбореактивного двигуна 1, то зрізувані гвинти 22, котрими опора 19 другого підшипника кріпиться до структурного фланця 18, розриваються. Це розривання робить можливими радіальні 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 поздовжній розмір роликів 16.

Таким чином, згідно з винаходом, переміщення, пов'язані з роз'єднуванням першого підшипника 6, приймає на себе другий підшипник 7, без прикладання надлишкових зусиль на ролики 16, оскільки в другому підшипнику 7 можливі радіальні, поздовжні і кутові переміщення. Переміщенню цих деталей ніщо не перешкоджає. Обертання відбувається навколо центра обертання, розташованого над точками 13 кріплення опори першого підшипника.

Однак, якщо руйнуються ролики 16, то зовнішня радіальна поверхня 36 стопорного диска 28 входить у контакт з внутрішньою поверхнею 37 поздовжнього стакану 32 фланця 18; таким чином, диск і стакан діють як додатковий підшипник. Якщо від цього диска 28 і цього стакану 32 вимагається виконання такої функції, то відповідно може бути вибрана величина радіальної відстані між зовнішньою поверхнею 36 стопорного диска 28 і внутрішньою поверхнею 37 поздовжнього стакану 32.

Проте, незважаючи на різні описані вище запобіжні пристрої, розрив вала 5 компресора можливий. А тому з урахуванням цього передбачена система критичного захисту. У випадку розривання вала 5 компресора, обертання вентилятора 2 потягне його вперед разом з валом 5 компресора, до якого він прикріплений. Тоді горішня по потоку поверхня 34 стопорного диска 28 входить у контакт з нижньою по потоку поверхнею 35 обмежувального диска 33, прикріпленого до нерухомої конструкції турбореактивного двигуна 1. Отже, у випадку розриву вала 5 компресора (або вала турбіни, з яким вал 5 компресора з'єднаний), обмежувальний диск 33 діє, як осьовий обмежувач для вентилятора 2. В цьому випадку дуже чітко видно перевагу сферичної форми, вибраної для контактної поверхні 34 стопорного диска 28 і для контактної поверхні 35 обмежувального диска 33; під час контакту це дає можливість забезпечити однорідний контакт, незалежно від нахилу вала 5 компресора відносно структурного фланця 18.

Під час контакту і після нього зусилля передаються через стопорний диск 28 до його зубів 28", які передають ці зусилля до зубів 26" вала 5 компресора, а отже, і до вала 5 компресора. Таким чином, завдяки установлюванню стопорного диска 28 і внутрішнього кільця 14 другого підшипника 7 на валі 5 компресора, зусилля, викликані на обмежувальному диску 33 утримуванням вентилятора 2 в осьовому напрямі, не передаються до стопорної гайки 31; якби це відбувалося, то наслідки були б згубними, 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, пристроєм згідно з винаходом пропонуються засоби, які гарантують, що вал 5 компресора, а отже, і вал 2 вентилятора утримуються другим підшипником 7 від переміщення в осьовому напрямі, без передачі будь-яких зусиль, викликаних утримуванням, до стопорної гайки 31 другого підшипника 7.

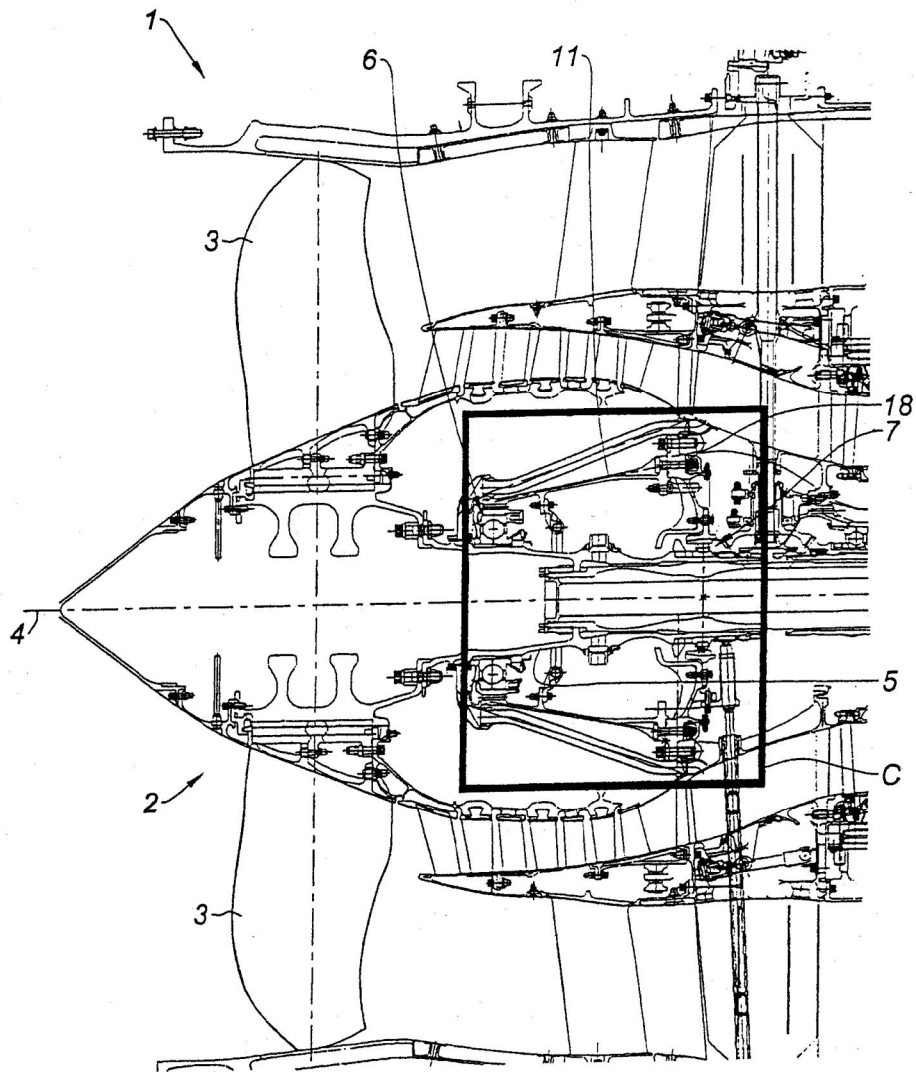


Fig. 1

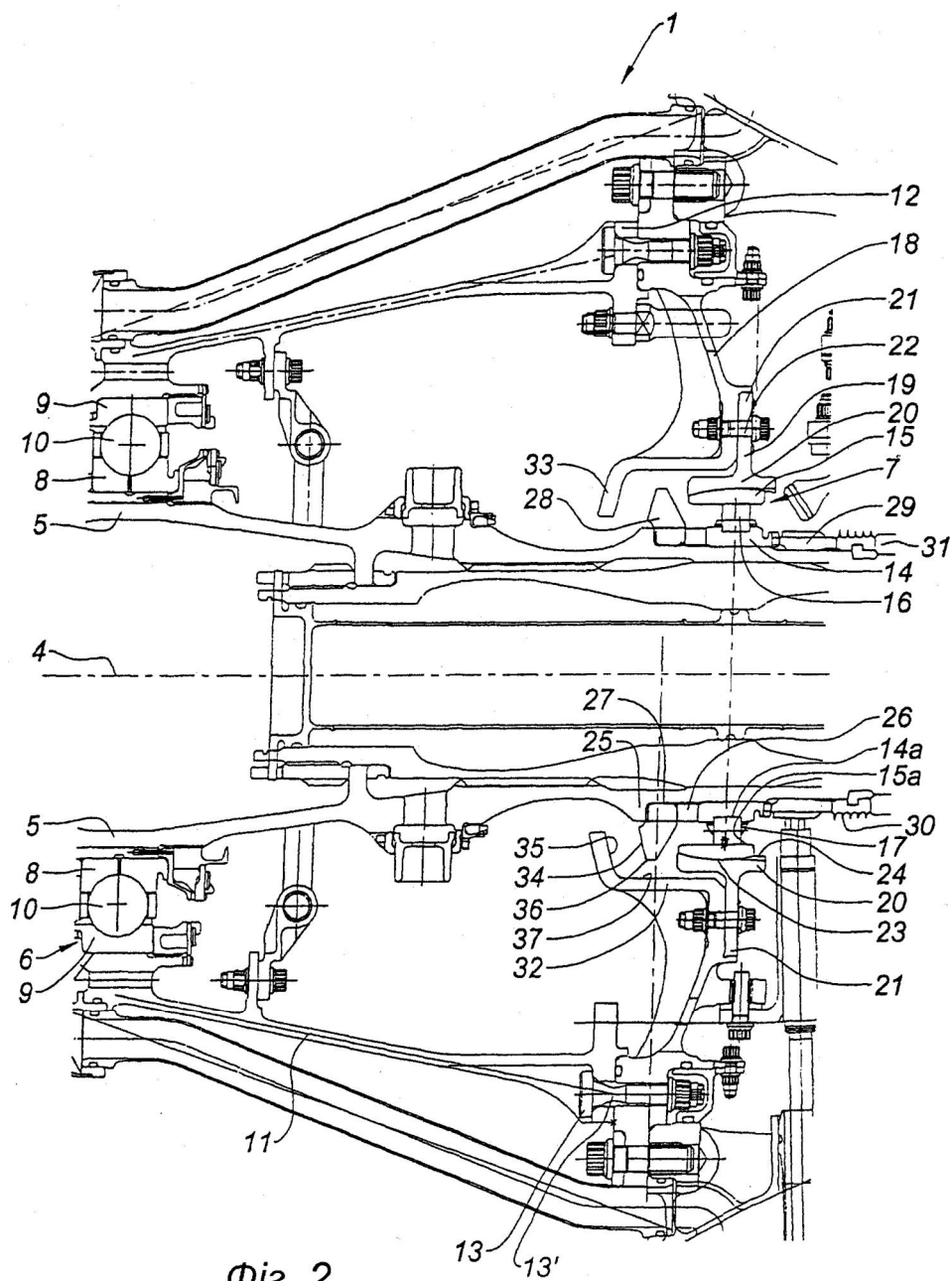
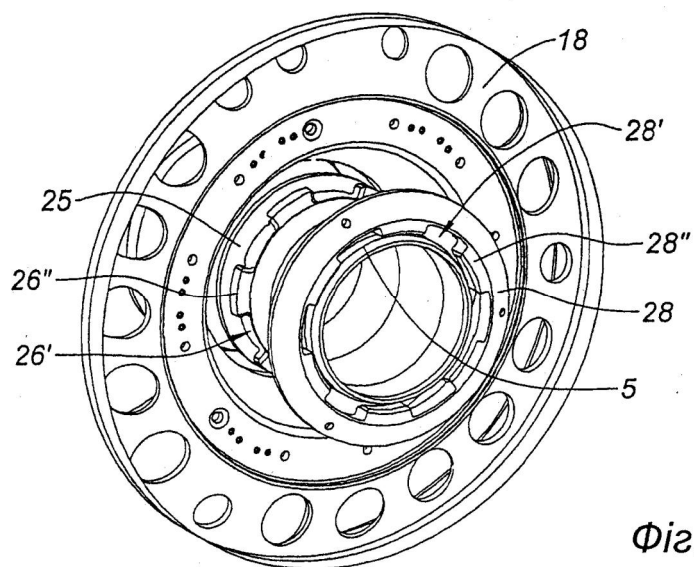
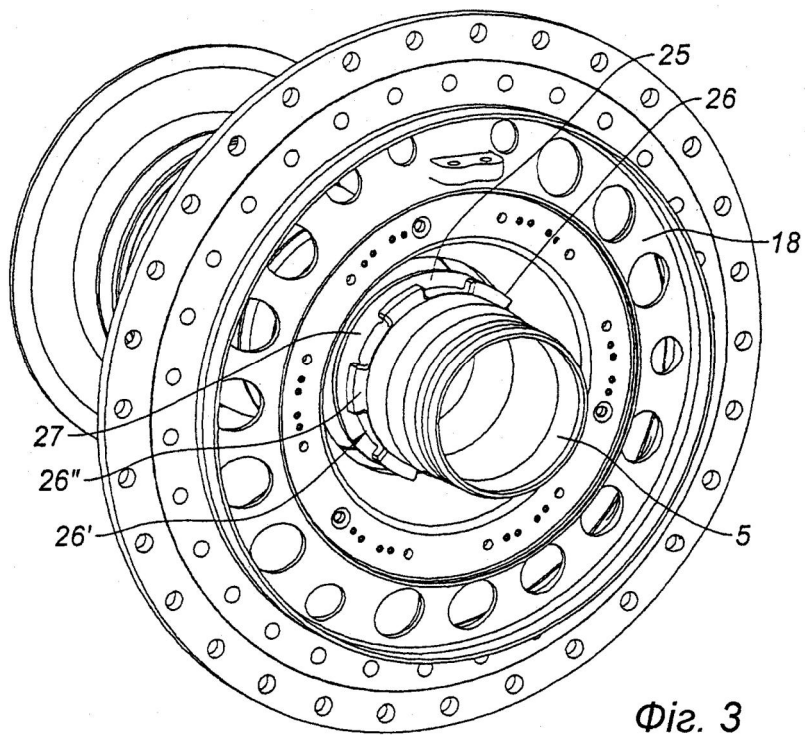


Fig. 2



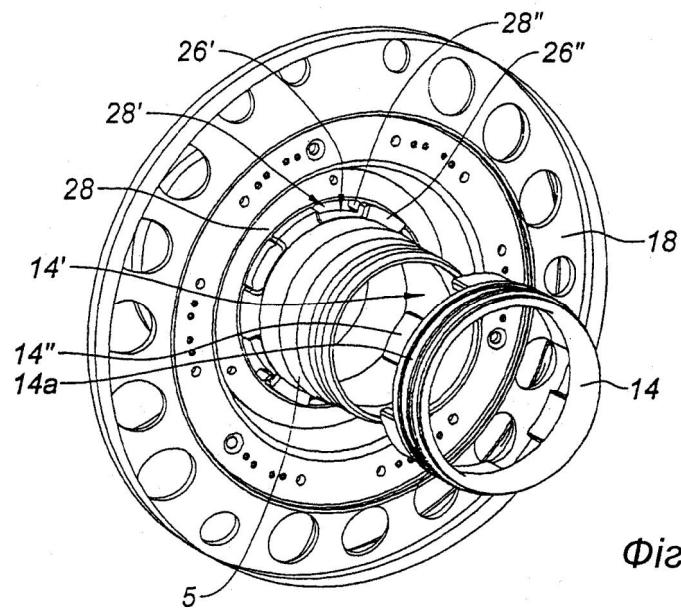


Fig. 5

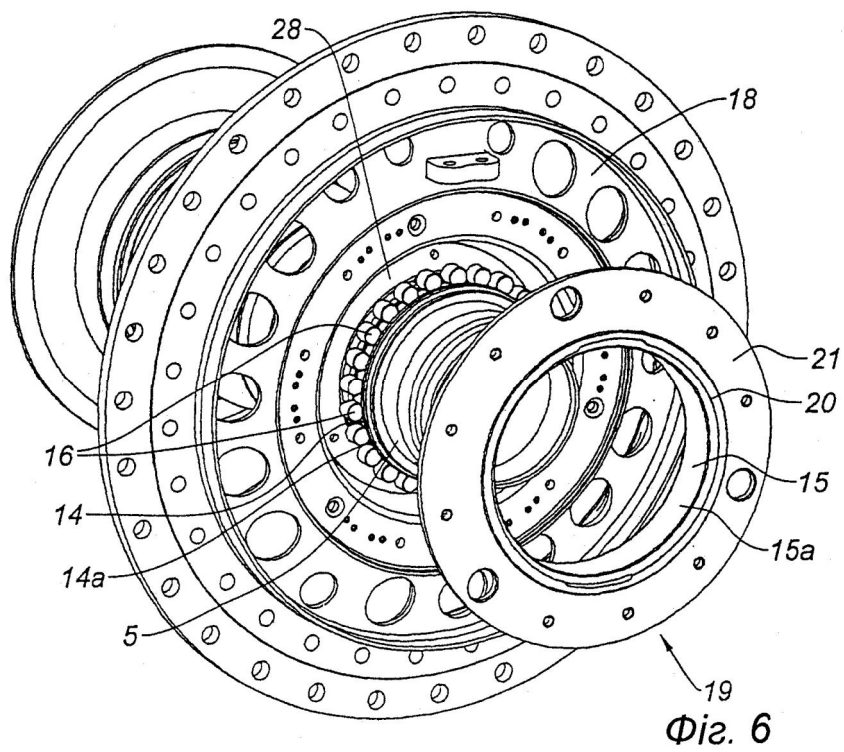


Fig. 6



