



УКРАЇНА

(19) UA (11) 81393 (13) C2  
(51) МПК (2006)  
F16C 33/66  
F16C 19/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) ПІДШИПНИК КОЧЕННЯ З МАСЛЯНИМ ДЕМПФУВАННЯМ

1

(21) 2003098873  
(22) 30.09.2003  
(24) 10.01.2008  
(31) 0212107  
(32) 01.10.2002  
(33) FR  
(72) ДЮССЕРП-ТЕЛЬМОН ГІ, FR/FR, ПЛОНА  
ДАНІЕЛЬ  
(73) СНЕКМА МОТЕРС  
(56) US 4479682, 30.10.1984  
US 4721398, 26.01.1988  
US 4693616, 15.09.1987  
JP 2001295610, 26.10.2001  
(57) 1. Підшипник кочення турбомашини для  
формування опори обертання першого вала (4)  
відносно другого вала (6), що має:  
множину елементів (12) кочення, встановлених  
між внутрішньою кільцевою обоймою (14),  
установленою на другому валу, й зовнішньою  
кільцевою обоймою (16), установленою на  
першому валу, причому внутрішня поверхня  
зовнішньої обойми і зовнішня поверхня  
внутрішньої обойми обмежують між собою  
кільцевий простір,  
масляну плівку (18), формовану на рівні кільцевої  
поверхні контакту між зовнішньою обоймою і  
вказаним першим валом і обмежену з боків  
ущільнювальними кільцями (20, 22),  
принаймні один живильний канал (34), що  
проходить наскрізь через внутрішню обойму,  
причому цей канал сполучається з контуром  
подавання мастила і виходить на рівень внутрішньої  
доріжки кочення елементів кочення для  
забезпечення їхнього змащування, і  
принаймні один додатковий канал (38), що  
проходить наскрізь через внутрішню обойму,  
причому додатковий канал сполучається з  
контуром подавання мастила і закінчується зовні  
відносно внутрішньої доріжки кочення для  
живлення мастилом через зовнішню обойму  
масляної плівки під дією відцентрової сили,  
створюваної обертанням зазначеного другого  
вала,  
який відрізняється тим, що зовнішня обойма  
оснащена кільцевим фланцем (42), що утворює

2

радіальний виступ, повернений усередину  
кільцевого простору, причому вказаний фланець  
оснащений принаймні одним подавальним  
каналом (40), що починається по суті навпроти  
згаданого додаткового каналу й закінчується на  
рівні зазначеної масляної плівки.  
2. Підшипник за п. 1, який відрізняється тим, що  
кільцевий фланець (42) має радіальний розмір, що  
принаймні вдвічі перевищує радіальний розмір  
зовнішньої кільцевої обойми (16).  
3. Підшипник за п. 1 або 2, який відрізняється  
тим, що контур подавання мастила має принаймні  
одну порожнину (30, 32), виконану в другому валу  
(6) на рівні його кільцевої поверхні контакту з  
внутрішньою обоймою (14), причому згадана  
принаймні одна порожнина живиться мастилом від  
форсунки (24), а згаданий принаймні один  
живильний канал (34) виходить у цю принаймні  
одну порожнину.  
4. Підшипник за п. 3, який відрізняється тим, що  
контур подавання мастила додатково має додаткову  
порожнину (36), виконану в другому валу (6) на  
рівні його кільцевої поверхні контакту з  
внутрішньою обоймою (14), причому додаткова  
порожнина живиться мастилом від згаданої  
принаймні однієї порожнини (30, 32), з якою вона  
сполучається, а принаймні один додатковий канал  
виходить у цю принаймні одну додаткову  
порожнину.  
5. Підшипник за будь-яким з пп. 1-4, який  
відрізняється тим, що вказаний принаймні один  
подавальний канал (40) у кільцевому фланці (42)  
виходить на рівень масляної плівки (18) через  
вирівнювальну канавку (44), виконану у зовнішній  
обоймі (16) на рівні її кільцевої поверхні контакту з  
першим валом (4).  
6. Підшипник за будь-яким з пп. 1-5, який  
відрізняється тим, що перший вал (4) є цапфою,  
розташованою біля продовження вала турбіни  
високого тиску турбомашини, другий вал (6) є  
цапфою, розташованою біля продовження вала  
турбіни низького тиску турбомашини, а елементи  
кочення (12) є роликами.

(19) UA (11) 81393 (13) C2

Даний винахід відноситься до підшипника кочення, постаченого змащувальною масляною плівкою, що знаходиться під тиском й діє по типу "видавлюваної плівки", та призначеного для використання переважно в авіації.

Підшипники кочення широко використовуються в авіації. Авіаційні турбомашини містять підшипники кочення в якості опор кочення для першого валу по відношенню до другого валу, встановленого коаксіально до першого. Так, наприклад, такі підшипники можуть бути розташовані в турбіні між валами турбіни високого тиску і турбіни низького тиску. Підшипники кочення утворені в основному кульками або роликами, що утримуються в доріжках кочення, виконаних у зовнішніх і внутрішніх обоймах. Звичайно використовують кулькові підшипники кочення для сприйняття осьових навантажень і роликові підшипники кочення для сприйняття радіальних навантажень турбомашини.

Для задовільної роботи підшипників кочення цього типу необхідно забезпечити, з одного боку, змащування й охолодження елементів кочення, а, з іншого боку, демпфування вібрації валів і підшипників кочення.

Відомим чином змащування й охолодження елементів кочення здійснюють шляхом впорскування мастила між обоймами підшипника. Конкретніше, мастило подається між обоймами підшипника від контуру подання мастила, сполученого з одним або декількома отворами, проточеними у внутрішній обоймі підшипника. Далі мастило виштовхується або витискається відцентровою силою назовні за підшипник і відносить тепло, що генерується при коченні. Крім того, для зниження вібрації, збуджуваної високошвидкісним обертанням валів турбомашини, що спираються на підшипники кочення, забезпечують утримання мастила під тиском в обмеженому просторі між зовнішньою обоймою й елементом корпусу підшипникової опори за допомогою того самого контуру подання мастила. При цьому мастило під тиском, що знаходиться на поверхні контакту між зовнішньою обоймою та елементом корпусу у вигляді масляної плівки, грає також роль демпфера вібрації. Два ущільнювальних кільця, розташовані між зовнішньою обоймою й елементом корпусу підшипника, обмежують цю масляну плівку з боків.

Проблема подання мастила під тиском для створення плівки, що утворює демпфер вібрації, виникає в тому випадку, коли підшипник кочення розташований між двома обертовими валами, - наприклад, між валами турбіни високого тиску й турбіни низького тиску. В цій ситуації важко здійснити відомим способом подання мастила для формування масляної плівки за допомогою звичайного контуру подання мастила. Особливі труднощі викликає розміщення на рівні відповідного валу контуру подання мастила, який містить збірники для рекуперації, що живлять канали й насос.

Щодо цієї проблеми в патенті [США №4693616] запропоновано рішення, що полягає у використанні тиску, який створюється при впливі відцентрових сил на мастило підшипника, для живлення демпфуючої масляної плівки. Для цього у зовнішній обоймі виконують отвір, що виходить на рівень контакту між зовнішньою обоймою й елементом корпусу. Під дією відцентрової сили, утвореної обертанням валів, змащувальне мастило, впорснуте між обоймами, проходить через цей отвір у простір між зовнішньою обоймою й елементом корпусу для формування масляної плівки.

Проте описане в даному патенті рішення не дозволяє створити достатньо високий внутрішній тиск масляної плівки. Це створює проблеми підживлення і сприяє явищам кавітації в об'ємі масляної плівки. Дані проблеми впливають на кд турбін турбомашини.

Задача, на розв'язання якої спрямований даний винахід, полягає в розробці підшипника кочення для турбомашини, що дозволяє забезпечити, з одного боку, змащування й охолодження підшипника і, з іншого боку, демпфування вібрації за допомогою масляної плівки за рахунок генерування тиску, достатньо високого для усунення недоліків відомих рішень рівня техніки.

Відповідно до винаходу вирішення поставленої задачі досягається за рахунок створення підшипника кочення, що утворює опору першого валу відносно другого валу і включає множину елементів кочення, встановлених між внутрішньою кільцевою обоймою, встановленою на другому валі, й зовнішньою кільцевою обоймою, встановленою на першому валі. При цьому внутрішня поверхня зовнішньої обойми і зовнішня поверхня внутрішньої обойми обмежують між собою кільцевий простір. Підшипник має також масляну плівку, формовану на рівні кільцевої поверхні контакту між зовнішньою обоймою і першим валом і обмежену з боків ущільнювальними кільцями, і принаймні один (живильний) канал, що проходить наскрізь через внутрішню обойму, причому цей канал сполучається з контуром подання мастила і виходить на рівень внутрішньої доріжки кочення елементів кочення для забезпечення їхнього змащування. Є також принаймні один додатковий канал, що проходить наскрізь через внутрішню обойму. Даний додатковий канал сполучається з контуром подання мастила і закінчується назовні відносно внутрішньої доріжки кочення, для живлення мастилом через зовнішню обойму масляної плівки під дією відцентрової сили, утвореної обертанням другого валу.

Підшипник за винаходом характеризується тим, що зовнішня обойма постачена кільцевим фланцем, що утворює радіальний виступ, обернений усередину кільцевого простору. При цьому даний фланець постачений принаймні одним подавальним каналом, що починається по

суті навпроти додаткового каналу і закінчується на рівні масляної плівки.

Наявність подавального каналу, виконаного у фланці зовнішньої обойми, дозволяє створювати підвищений внутрішній тиск масляної плівки і за рахунок цього поліпшити її підживлення, а також обмежити явища кавітації. Переважно кільцевий фланець має радіальну висоту, яка принаймні вдвічі перевищує радіальну висоту зовнішньої кільцевої обойми.

Контур подання мастила має принаймні одну порожнину, виконану в другому валі на рівні його кільцевої поверхні контакту з внутрішньою обоймою, причому ця порожнина живиться мастилом від форсунки, а канал виходить у цю порожнину. Крім того, контур подання мастила має додаткову порожнину, виконану в другому валі на рівні його кільцевої поверхні контакту з внутрішньою обоймою, причому додаткова порожнина живиться мастилом від порожнини, з якою вона сполучається, а додатковий канал виходить в цю додаткову порожнину.

В кращому варіанті подавальний канал у кільцевому фланці виходить на рівень масляної плівки через вирівнювальну канавку, виконану в зовнішній обоймі на рівні її кільцевої поверхні контакту з першим валом.

Додаткові особливості й переваги даного винаходу стануть чіткішими з нижченаведеного опису, що містить посилання на додані креслення, на яких поданий приклад здійснення винаходу, що не має обмежувального характеру.

Фіг.1 схематично зображує у подовжньому розтині частину турбомашини, що має підшипник кочення відповідно до винаходу,

Фіг.2 - це графік, на якому представлені дві криві тиску: для відомого підшипника кочення і для підшипника кочення відповідно до винаходу.

Фіг.1 зображує в подовжньому розтині частину турбомашини, що має підшипник кочення відповідно до кращого прикладу здійснення винаходу.

Підшипник 2 кочення розташований між першим валом 4, що є цапфою, розташованою в продовження валу турбіни високого тиску турбомашини, і другим валом 6 у вигляді цапфи, розташованої в продовження валу турбіни низького тиску. Перший вал 4 прикріплений до турбіни 8 високого тиску турбомашини за допомогою пристрою 9 кріплення. На Фіг.1 поданий також другий підшипник 10 кочення. Цей підшипник, що підтримує другий вал 6 з можливістю обертання відносно корпусу 11 турбомашини, не є предметом даного винаходу й не розглядатиметься докладно.

Підшипник 2 кочення має множину роликів 12, установлених між внутрішніми поверхнями внутрішньої кільцевої обойми 14 і зовнішньої кільцевої обойми 16, що утворюють доріжки кочення (бігові доріжки). Перший вал 4 механічно жорстко зв'язаний із зовнішньою поверхнею зовнішньої обойми 16.

Для демпфування зусиль, переданих від другого валу 6 до першого валу 4, підшипник кочення постачений масляною плівкою 18. Ця

масляна плівка, що утворює демпфер, сформована на рівні кільцевої поверхні контакту між першим валом 4 і зовнішньою поверхнею зовнішньої обойми 16. Вона обмежена з боків двома ущільнювальними кільцями 20, 22, встановленими у двох кільцевих канавках, проточених у зовнішній обоймі на її поверхні контакту з першим валом 4.

Мастило, необхідне для змащування й охолодження роликів 12, подається форсункою 24, яка впорскує мастило в контур циркуляції. Цей контур циркуляції мастила має колекторну канавку 26, виконану в стінці 27 розподільника мастила. Дана канавка забезпечує живлення змащувальним мастилом двох підшипників кочення 2 і 10, поданих на Фіг.1. Що стосується підшипника 2 кочення, що є предметом даного винаходу, в другому валі 6 виконаний прохід 28, який починається на рівні першої колекторної канавки 26 і закінчується на рівні першої порожнини 30, виконаної в другому валі на його кільцевій поверхні контакту з внутрішньою обоймою 14. Далі по напрямку потоку циркуляції мастила ця перша порожнина 30 сполучається з другою порожниною 32, також виконаною в другому валі на його кільцевій поверхні контакту з внутрішньою обоймою. Один або декілька живильних каналів 34 проходять наскрізь через внутрішню обойму 14 підшипника, починаючись навпроти другої порожнини 32 і закінчуючись на рівні внутрішньої доріжки кочення роликів 12. Ці живильні канали 34 (на Фіг.1 показані два канали) забезпечують живлення мастилом й охолодження роликів підшипника 2.

Передбачена також третя відкрита порожнина 36 для прийому мастила, від якої мастило направляється до масляної плівки 18. Ця третя порожнина 36 розташована за другою порожниною 32 вздовж напрямку потоку циркуляції мастила на рівні кільцевої поверхні контакту між другим валом 6 і внутрішньою обоймою 14. Додатковий канал 38 проходить наскрізь через внутрішню обойму, починаючись навпроти третьої порожнини 36 і закінчуючись зовні відносно внутрішньої доріжки кочення роликів 12. На Фіг.1 показаний один додатковий канал 38. У внутрішній обоймі можуть бути передбачені також інші канали для подання мастила до масляної плівки.

Згідно з винаходом зовнішня обойма 16 підшипника кочення має принаймні один подавальний канал 40 для подання мастила в масляну плівку 18. Цей канал проходить наскрізь через зовнішню обойму 16, починаючись навпроти додаткового каналу 38, виконаного у внутрішній обоймі, й закінчуючись між двома ущільнювальними кільцями 20, 22 на рівні кільцевої поверхні контакту між зовнішньою обоймою і першим валом 4. В даному прикладі виконання зовнішня обойма 16 на рівні свого кінця з боку додаткового каналу 38 постачена кільцевим фланцем 42, який утворює радіальний виступ, обернений усередину кільцевого простору, утвореного двома обоймами підшипника. Фланець 42 має достатній розмір у радіальному напрямку для того, щоб подавальний канал, 40, виконаний у

цьому фланці, починався навпроти додаткового каналу 38. На практиці при швидкостях обертання, рівних швидкості обертання другого вала, утворюваний внутрішній тиск масляної плівки змінюється залежно від відстані, що відокремлює додатковий канал 38 від вхідного кінця подавального каналу 40.

Таким чином, для створення високих величин внутрішнього тиску масляної плівки, адекватних до даного окремого режиму роботи турбомашини, - тобто, порядку 0,6МПа (6 бар) порівняно до величини 0,2МПа (2 бар) у відомих підшипниках кочення з масляним демпфуванням, - висота напору  $h$  (що визначається як радіальний розмір фланця 42) переважно перевищує, принаймні вдвічі, й особливо переважно, перевищує втричі висоту напору у відомих підшипниках кочення з масляним демпфуванням (ця висота напору визначається радіальним розміром зовнішньої обойми підшипника).

Відповідно до корисної особливості винаходу подавальний канал 40 виходить на рівень масляної плівки через вирівнювальну канавку 44, виконану в зовнішній обоймі на рівні її кільцевої поверхні контакту з першим валом для того, щоб полегшувати розподіл мастила по всьому кільцевому просторі, обмеженому двома ущільнювальними кільцями 20, 22.

Далі буде описане функціонування підшипника за винаходом, зокрема, циркуляція мастила, призначеного для змащування й охолодження роликів і для живлення масляної плівки.

Масило впорскується форсункою 24 на рівень колекторної канавки 26. Далі воно проходить через прохід 28, виконаний у другому валі 6, і проникає спочатку в першу порожнину 30, а потім у другу порожнину 32. Звідси мастило розподіляється в два окремих контури:

-з одного боку, під дією відцентрової сили, утворюваної обертанням другого вала, мастило проходить наскрізь через внутрішню обойму 14 по живильному каналу або живильним каналам 34 для забезпечення змащування й охолодження роликів 12;

- з іншого боку, мастило надходить у третю порожнину 36, проходить через внутрішню обойму по додатковому каналі 38 і потім, також під дією відцентрової сили, надходить у подавальний канал 40, виконаний у фланці 42 внутрішньої обойми, для живлення мастилом під тиском масляної плівки 18, що забезпечує демпфування вібрації.

Наявність фланця 42 зовнішньої обойми, який утворює радіальний виступ, обернений усередину кільцевого простору, утвореного двома обоймами підшипника, дозволяє одержувати значення внутрішнього тиску масляної плівки 18, суттєво вищі порівняно до значень, одержуваних у відомих підшипниках кочення з масляним демпфуванням.

Фіг.2 добре демонструє цю значну різницю. На поданій діаграмі криві 100 і 102 представляють внутрішній тиск масляної плівки, утворений залежно від частоти обертання другого валу (тобто частоти обертання цапфи валу турбіни низького тиску турбомашини), відповідно для

відомого підшипника кочення і для підшипника кочення за винаходом. Так, наприклад, для частоти обертання другого валу порядку 10000об./хв. відомий підшипник кочення дозволяє одержувати внутрішній тиск масляної плівки, що приблизно дорівнює 0,3МПа (3 бар), тоді як підшипник за винаходом створює тиск, що майже дорівнює 0,8 МПа (8 бар). Такий внутрішній тиск масляної плівки обмежує явища кавітації та дозволяє домогтись набагато ефективного демпфування вібрації порівняно до відомих підшипників кочення з масляним демпфуванням.

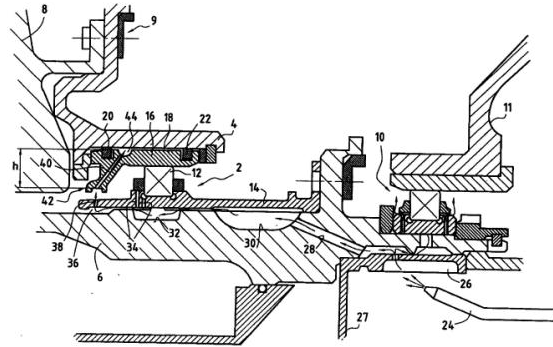
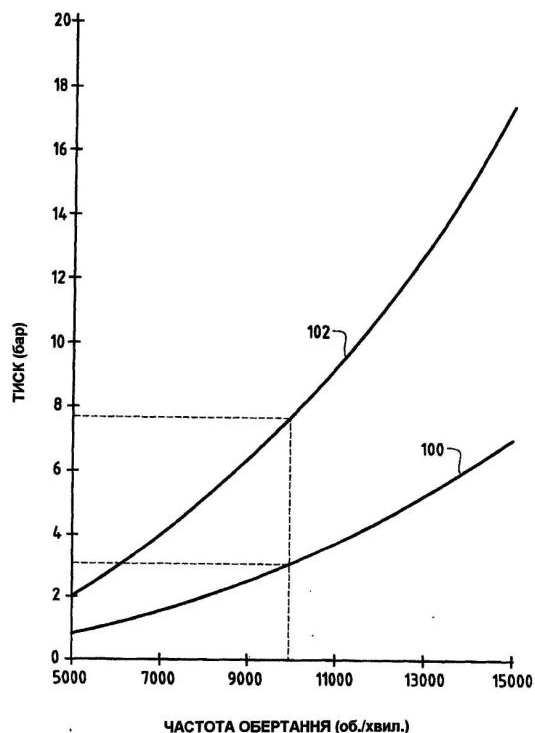


FIG. 1



**FIG. 2**