



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **100782** (13) **U**  
(51) МПК  
*F16C 32/06* (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**

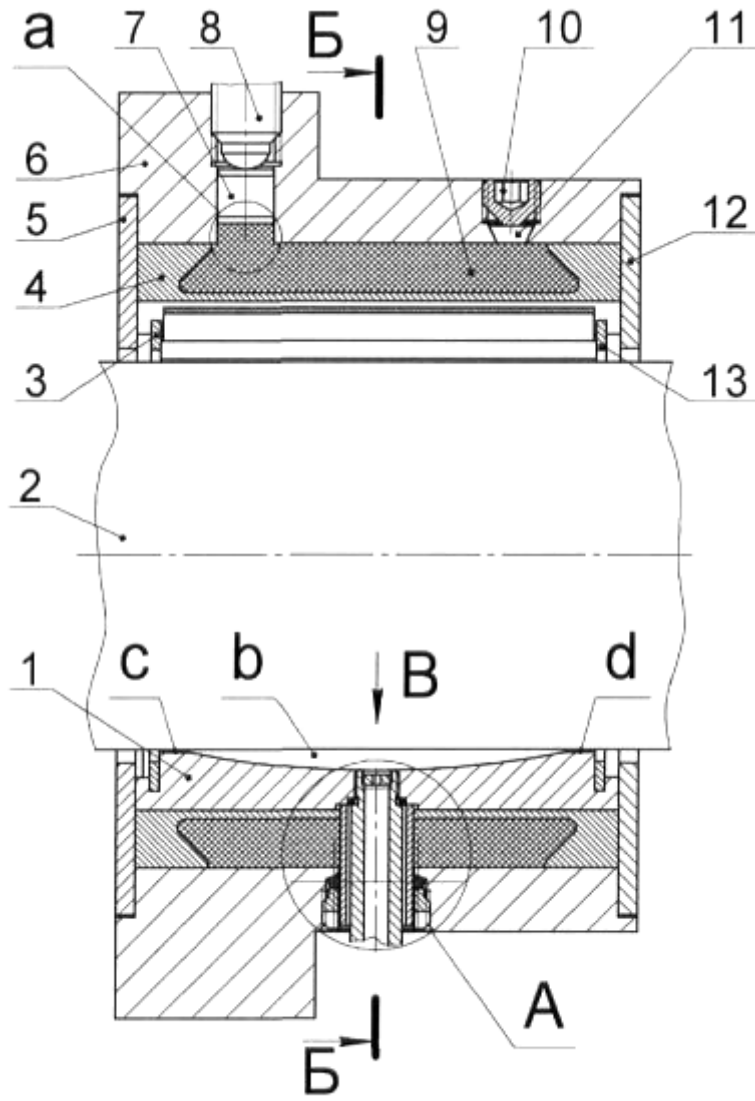
<b>(21)</b> Номер заявки: <b>u 2015 01544</b>	<b>(72)</b> Винахідник(и): <b>Федориненко Дмитро Юрійович (UA), Сапон Сергій Петрович (UA), Цеков Богдан Володимирович (UA), Бойко Сергій Васильович (UA)</b>
<b>(22)</b> Дата подання заявки: <b>23.02.2015</b>	
<b>(24)</b> Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>10.08.2015</b>	<b>(73)</b> Власник(и): <b>ЧЕРНІГІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027 (UA)</b>
<b>(46)</b> Публікація відомостей про видачу патенту: <b>10.08.2015, Бюл.№ 15</b>	

**(54) РЕГУЛЬОВАНИЙ СЕГМЕНТНИЙ ГІДРОСТАТОДИНАМІЧНИЙ ПІДШИПНИК**

**(57)** Реферат:

Регульований сегментний гідростатодинамічний підшипник складається з корпусу, в отвір якого встановлена тонкостінна втулка з порожниною, заповненою гідропластмасою, рухомих сегментів, які з'єднані один з одним пружинами спеціальної форми, а на внутрішній поверхні підключені до джерела робочої рідини несучі кармани і можуть переміщуватись в радіальному напрямку, забезпечуючи регулювання зазору, двох кришок, що фіксують тонкостінну втулку і сегменти в поздовжньому напрямку. Також охоплююча поверхня підшипника виконана збірною зі з'єднаних пружинами спеціальної форми 5-ти сегментів з несучими карманами на внутрішній поверхні.

UA 100782 U



Фиг. 1

Корисна модель належить до машинобудування, а саме до гідравлічних опор обертових вузлів технологічного обладнання.

Відома конструкція гідростатичного підшипника [Пат. України на корисну модель 87488 UA, МПК F16C 32/06. Регульований радіальний гідростатичний підшипник / Федориненко Д.Ю., Сапон С.П., Бойко С.В.; заявник і патентовласник Чернігівський державний технологічний університет. - № U201310003; заявл. 12.08.2013; опубл. 10.02.2014, Бюл. № 3. 2014 р.], що містить корпус, по бічних поверхнях якого розташовані натяжна гайка та фланець, нерухому конічну втулку, рухому пружну гідростатичну втулку з різью на хвостовій частині, криволінійними поздовжніми пазами, між якими утворені кармани та конічними поясками на зовнішній поверхні, які взаємодіють з конічними поверхнями нерухомої втулки. Наявність п'яти груп поздовжніх пазів криволінійного профілю та конічних поясків на зовнішній поверхні забезпечують деформування гідростатичної втулки в радіальному напрямку при її осьовому переміщенні, внаслідок чого змінюється внутрішній діаметр гідростатичної втулки і забезпечується регулювання радіального зазору в підшипнику.

Недоліком цієї конструкції є технологічна складність забезпечення мінімальних відхилень розмірів та форми криволінійного профілю п'яти поздовжніх пазів гідростатичної втулки, що в комплексі з анізотропією механічних властивостей матеріалу втулки не дозволяє забезпечити їх однакову жорсткість та рівномірність деформування в процесі регулювання радіального зазору. Це призводить до нерівномірності величини радіального зазору як в тангенціальному, так і в аксіальному напрямку. Також недоліком є низька ремонтоздатність опори, оскільки внаслідок можливого руйнування криволінійних пазів під дією знакозмінних циклічних навантажень, які до того ж є концентраторами напружень, пружна гідростатична втулка не підлягає відновленню зі збереженням всіх властивостей, обумовлених її функціональним призначенням. Для виготовлення гідростатичної втулки необхідно застосовувати тільки конструкційні матеріали з високими пружними властивостями, що суттєво обмежує вибір конструкційних матеріалів з антифрикційними властивостями, малим коефіцієнтом лінійного теплового розширення, які рекомендовані до застосування для гідравлічних опор.

Як найближчий аналог вибрано гідростатичний підшипник [Пат. 92940 UA, МПК F16C 32/06. Регульований сегментний гідростатичний підшипник / Федориненко Д.Ю., Сапон С.П., Ярмолук В.В., Бойко С.В.; заявник і патентовласник Чернігівський державний технологічний університет. - № U201403769; заявл. 10.04.2014; опубл. 10.09.2014, Бюл. № 17], що складається з корпусу, в отвір якого встановлена тонкостінна втулка з порожниною, заповненою гідропластмасою, чотирьох сегментів, які з'єднані один з одним пружинами спеціальної форми, а на внутрішній поверхні мають підключені до джерела робочої рідини несучі кармани і можуть переміщуватись в радіальному напрямку. Регулювання величини радіального зазору в підшипнику здійснюється за рахунок одночасного радіального переміщення сегментів при деформуванні тонкостінної втулки під дією тиску гідропластмаси.

Недоліком даної конструкції опори є наявність лише чотирьох сегментів з несучими карманами, що не відповідає умовам максимальної жорсткості підшипника. Окрім того, стрибкоподібна зміна перерізу проточної частини та форма несучих карманів в сегментах не дозволяють використовувати в повній мірі гідродинамічний ефект для забезпечення несучої спроможності підшипника, тим самим зменшуючи його швидкохідність.

Недоліком найближчого аналога також є коливання тиску рідини в карманах підшипника, які виникають внаслідок пульсацій тиску в системі живлення, зумовлених нерівномірністю подачі рідини насосом, наявністю в рідині повітря та іншими факторами, що безпосередньо позначається на точності обертання вала.

В основу корисної моделі поставлена задача удосконалення регульованого сегментного гідростатичного підшипника з метою підвищення його жорсткості, швидкохідності та зниження коливання тиску в карманах опори.

Поставлена задача вирішується тим, що у регульованому сегментному гідростатодинамічному підшипнику охоплююча поверхня виконана збірною зі з'єднаних пружинами спеціальної форми 5-ти сегментів з несучими карманами на внутрішній поверхні, які мають еліпсоїдну форму з плавною зміною перерізу проточної частини, а підведення стисненої рідини до карманів здійснюється через регульовані клапани витрат та дроселюючі пробки.

Виконання охоплюючої поверхні підшипника з 5-ти сегментів з несучими карманами на внутрішній поверхні дозволяє підвищити жорсткість підшипника.

Виконання карманів підшипника еліпсоїдної форми з плавною зміною перерізу проточної частини дозволяє зменшити втрати потужності, обумовлені стрибкоподібною зміною перерізу проточної частини сегмента, що забезпечить зменшення втрат потужності на в'язке тертя при збільшенні швидкостей обертання вала. Застосування регульованих клапанів витрат в системі

живлення підшипника дозволяє при зростанні частоти обертання вала зменшити подачу робочої рідини до карманів рухомих сегментів, в результаті чого підшипник переходить до гідродинамічного режиму роботи, тим самим зменшуючи втрати потужності як на в'язке тертя, так і на прокачування робочої рідини. Це забезпечує підвищення швидкохідності підшипника.

5 Загвинчена в різьбовий отвір штуцера дроселююча пробка з наскрізним центральним отвором меншого діаметра, ніж отвір у штуцері, за рахунок створення гідравлічного опору сприяє демпфуванню пульсацій тиску в потоці робочої рідини безпосередньо на вході в несучий карман сегмента, що забезпечить зниження коливання тиску рідини в карманах підшипника.

10 Суть корисної моделі пояснюється кресленнями, де на фіг. 1 показано регульований сегментний гідростатодинамічний підшипник у поздовжньому перерізі; на фіг. 2 - вид А на фіг. 1; на фіг. 3 - поперечний переріз Б-Б на фіг. 1 та фрагмент системи живлення підшипника; на фіг. 4 - переріз Г-Г на фіг. 3, що ілюструє деформований стан тонкостінної втулки 4; на фіг. 5 - вид В (деталі 1, 14, 15) на фіг. 1; на фіг. 6 - тривимірна модель деталі 1 на фіг. 1.

15 Базовою деталлю регульованого сегментного гідростатодинамічного підшипника є корпус 6 (фіг. 1). В отвір корпусу встановлено з натягом виготовлену з пружного матеріалу втулку 4, яка має тонку внутрішню стінку з п'ятьма отворами під кутом  $72^\circ$  та виточку з кутовими заглибленнями для збільшення довжини тонкостінної частини. Отвори, виконані в тонкій стінці втулки 4 суміщають з відповідними отворами в корпусі, в них встановлюють трубки 16 (фіг. 2), які нерухомо фіксують на тонкій стінці втулки. Між отвором корпусу 6 та зовнішньою поверхнею трубок 16 забезпечується гарантований зазор для можливості переміщення трубок в радіальному напрямку. Рухоме з'єднання трубка - корпус ущільнюється гумовим кільцем 17, яке підтискається спеціальною гайкою 18. В отвори трубок 16 встановлюють штуцери 15, які загвинчуються в різьбові отвори сегментів 1 та призначені для підведення робочої рідини до опорної поверхні підшипника. Штуцери 15 встановлюються в отвори трубок із зазором, що  
20 забезпечує можливість вільного переміщення штуцерів в радіальному напрямку разом із сегментами 1 при регулюванні зазору в підшипнику. З боку несучих карманів в різьбові отвори штуцерів 15 встановлено дроселюючі пробки 14 з наскрізним центральним отвором меншого діаметра, ніж отвір у штуцері, які за рахунок створення гідравлічного опору сприяють демпфуванню пульсацій тиску в потоці робочої рідини безпосередньо на вході в несучі кармани сегментів. Для загвинчування дроселюючих пробок на їх торцях передбачено паз є (фіг. 5) для викрутки.

На внутрішній поверхні сегментів 1 виконано несучі кармани еліпсоїдної форми з плавною зміною перерізу проточної частини, з'єднані за допомогою штуцерів 15 з джерелом робочої рідини. На торцях сегментів, паралельних осі підшипника, виконано пази, призначені для  
35 встановлення пружин спеціальної форми 19 (фіг. 3), які з'єднують сегменти і визначають їх взаємне положення в радіальному напрямку. Точність взаємного розташування сегментів в осьовому напрямку забезпечується пружними розрізними кільцями 3 та 13, які встановлюються в радіальні канавки, виконані поряд з іншими двома торцями сегментів.

40 Дві кришки 5 і 12 фіксують тонкостінну втулку 4 і сегменти 1 в поздовжньому напрямку. При цьому між торцями сегментів і внутрішніми поверхнями кришок передбачено зазори для можливості переміщення сегментів в радіальному напрямку.

Порожнина, утворена між отвором корпусу 6 і виточкою тонкостінної втулки 4, заповнюється гідропластмасою 9 через отвір а. Гвинт 10 і конусна заглушка 11 закривають отвір, призначений для видалення повітря, яке витісняється гідропластмасою при заповненні порожнини. Після заповнення порожнини гідропластмасою, гвинтом 10 фіксується конусна заглушка 11, а в отвір а вставляється плунжер 7 та фіксується гвинтом 8.

Система живлення регульованого сегментного гідростатодинамічного підшипника розгалужується на п'ять гілок для живлення кожного із карманів b (фіг. 1) в рухомих сегментах 1. В кожній гілці живлення встановлено регульовані клапани витрат 20-24 (фіг. 3), що попередньо налагоджені на мінімальну пропускну здатність. Швидкість обертання вала 2 вимірюється енокодером 26, електричні сигнали з якого надходять до аналого-цифрового перетворювача 25, який, в свою чергу перетворює отриманий аналоговий сигнал на цифровий. Далі цифровий сигнал надходить до мікропроцесорного регулятора 27, який відповідно до отриманого сигналу визначає за програмою необхідну витрату мастила в карманах підшипника та надсилає сигнал до регульованих клапанів витрат 20-24, які змінюють свою пропускну здатність пропорційно до  
50 вхідного сигналу. Для налагодження та контролю роботи системи живлення призначений багатопозиційний розподільний золотник 28, що за допомогою манометра 29 дозволяє контролювати тиск в карманах b підшипника.

60 Регульований сегментний гідростатодинамічний підшипник працює наступним чином. Робоча рідина під тиском від насоса подається через штуцери 15 і дросельні пробки 14 до

карманів  $b$  сегментів 1, де створюється несучий шар робочої рідини, який підтримує вал 2 в певному положенні. Відведення рідини з карманів підшипника відбувається через перемички  $c$  і  $d$  (фіг. 1) та  $f$  (фіг. 3), що відіграють роль дроселюючих елементів і при зміні радіального зазору дозволяють регулювати жорсткість підшипника і витрати рідини.

5 Регулювання величини радіального зазору виконують обертанням гвинта 8, який сферичним торцем тисне на плунжер 7, створюючи гідростатичний тиск в порожнині, заповненій гідропластмасою 9. Під дією гідростатичного тиску гідропластмаси відбувається рівномірне по всьому периметру деформування тонкої стінки втулки 4, внаслідок чого сегменти 1 переміщуються в радіальному напрямку зменшуючи (збільшуючи) зазор між опорною  
10 поверхнею вала 2 та перемичками  $c$ ,  $d$  та  $f$  рухомих сегментів 1.

Величина зміщення  $\Delta h$  сегмента при регулюванні радіального зазору (фіг. 4) (пунктиром показано початкове положення опорної поверхні сегмента) регулюється величиною гідростатичного тиску, який створюється в порожнині з гідропластмасою.

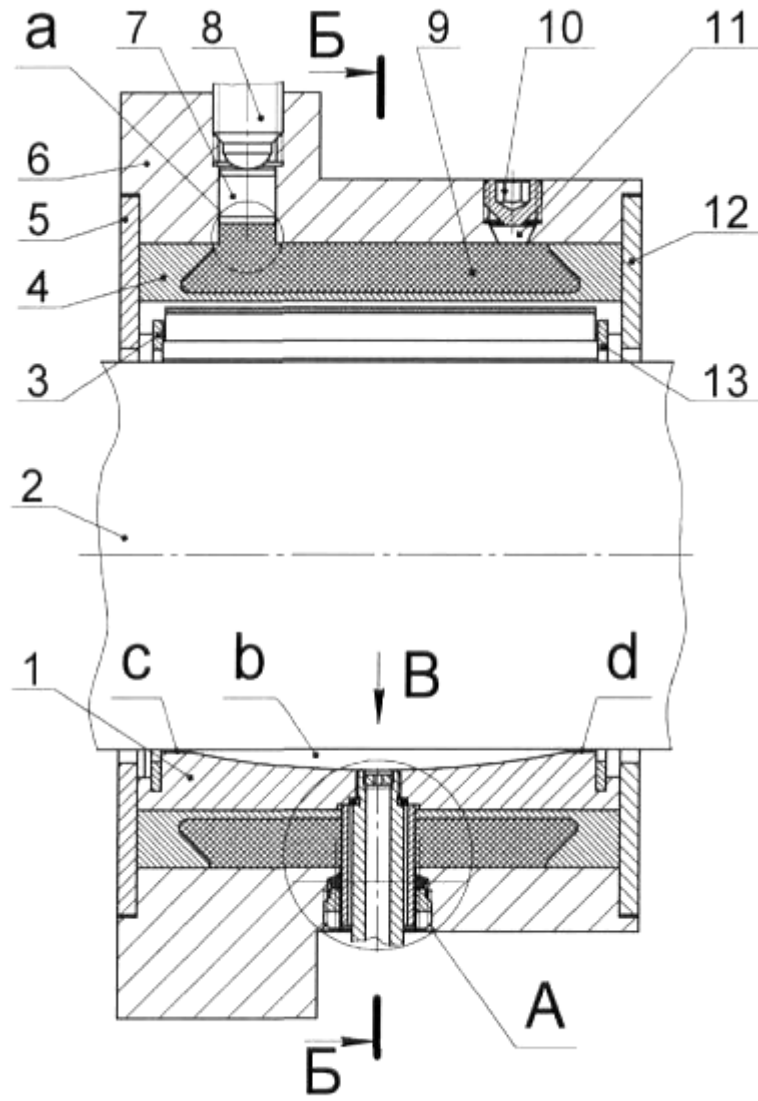
15 При роботі підшипника в гідростатичному режимі підведення робочої рідини здійснюється через регульовані клапани витрат 20-24 до п'яти несучих карманів  $b$  сегментів 1, при цьому регульовані клапани витрат налагоджені на постійну пропускну здатність. При перевищенні швидкості обертання вала певного граничного значення, що задається програмою, мікропроцесорний регулятор 27 дає команду на припинення подачі робочої рідини до карманів  
20 через клапани 20, 21, 23, 24 шляхом перекривання останніх. З метою охолодження, при роботі на високих швидкостях, робоча рідина продовжує надходити через клапан 22 до нижнього кармана підшипника. При цьому підшипник працює в гідродинамічному режимі мащення. При зменшенні швидкості обертання вала нижче попередньо встановленого граничного значення регулятор 27 вмикає подачу робочої рідини до всіх карманів підшипника, тим самим відновлюючи гідростатичний режим мащення для забезпечення високих показників несучої  
25 здатності та радіальної жорсткості при роботі підшипника на низьких швидкостях обертання вала.

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

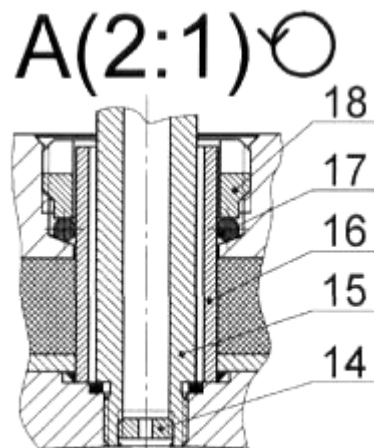
30 1. Регульований сегментний гідростатодинамічний підшипник, що складається з корпусу, в отвір якого встановлена тонкостінна втулка з порожниною, заповненою гідропластмасою, рухомих сегментів, які з'єднані один з одним пружинами спеціальної форми, а на внутрішній поверхні підключені до джерела робочої рідини несучі кармани і можуть переміщуватись в радіальному напрямку, забезпечуючи регулювання зазору, двох кришок, що фіксують тонкостінну втулку і  
35 сегменти в поздовжньому напрямку, який **відрізняється** тим, що охоплююча поверхня підшипника виконана збірною зі з'єднаних пружинами спеціальної форми 5-ти сегментів з несучими карманами на внутрішній поверхні.

2. Регульований сегментний гідростатодинамічний підшипник за п. 1, який **відрізняється** тим, що в сегментах несучі кармани мають еліпсоїдну форму з плавною зміною перерізу проточної частини, а підведення стисненої рідини до карманів здійснюється через регульовані клапани витрат.  
40

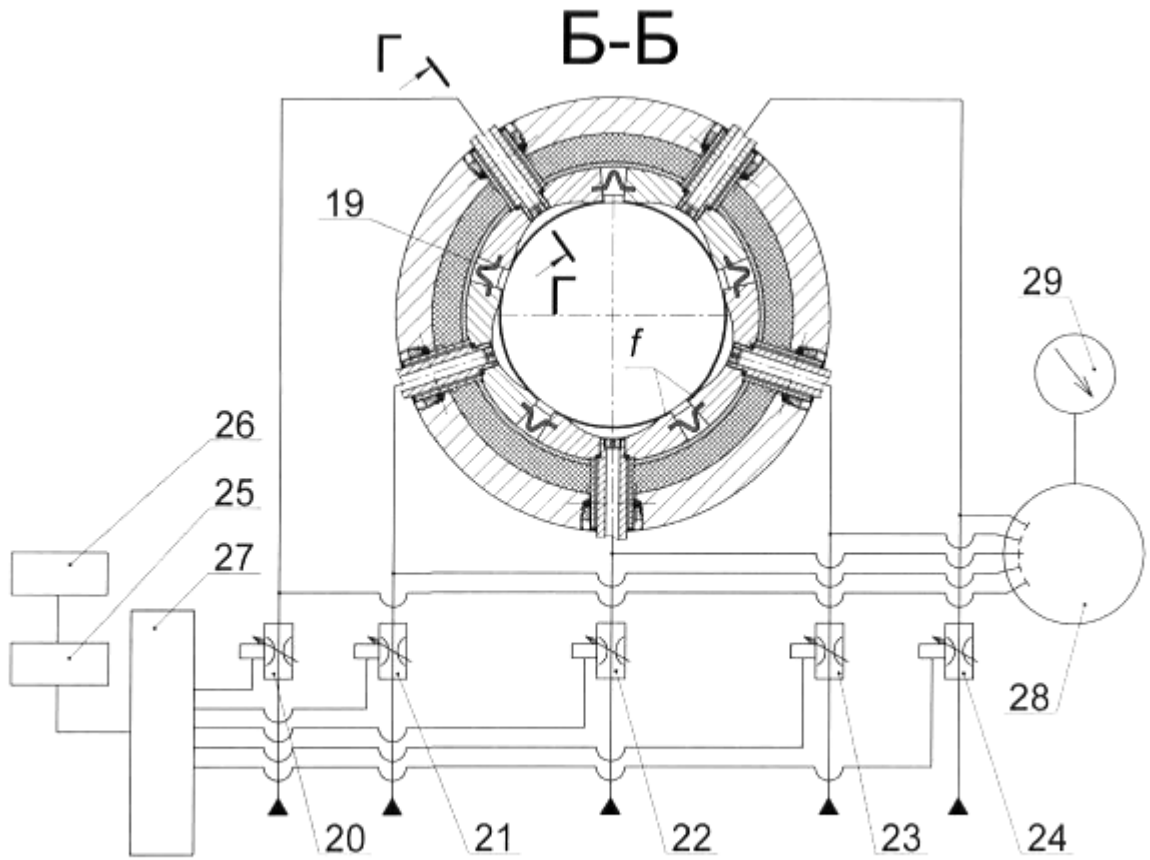
3. Регульований сегментний гідростатодинамічний підшипник за п. 1, який **відрізняється** тим, що в різьбовий отвір кожного штуцера загвинчено дроселюючу пробку з наскрізним центральним отвором меншого діаметра, ніж отвір у штуцері.



Фиг. 1

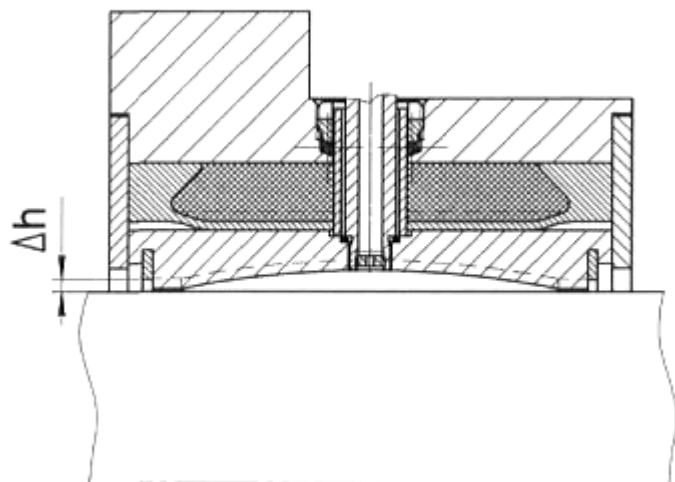


Фиг. 2



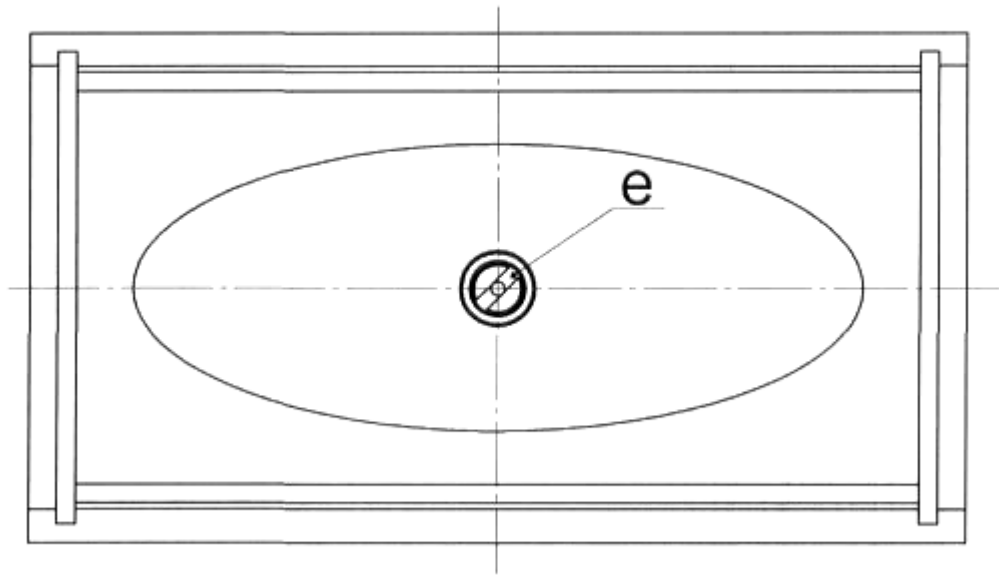
Фиг. 3

Г-Г

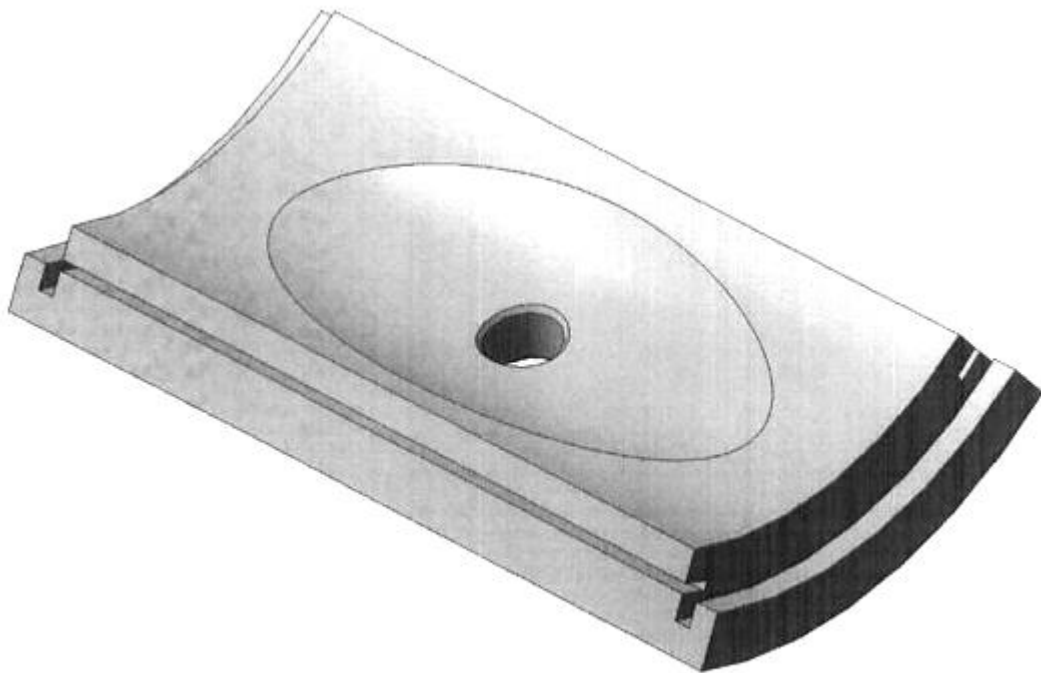


Фиг. 4

# В (дет. 1,14,15)



Фиг. 5



Фиг. 6

---

Комп'ютерна верстка І. Мироненко

---

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

---

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601