



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **95735** (13) **U**  
(51) МПК (2015.01)

**F16C 3/00**

**F16C 7/00**

**F16C 9/00**

**F16C 32/06** (2006.01)

**F16C 33/02** (2006.01)

**F16C 33/04** (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

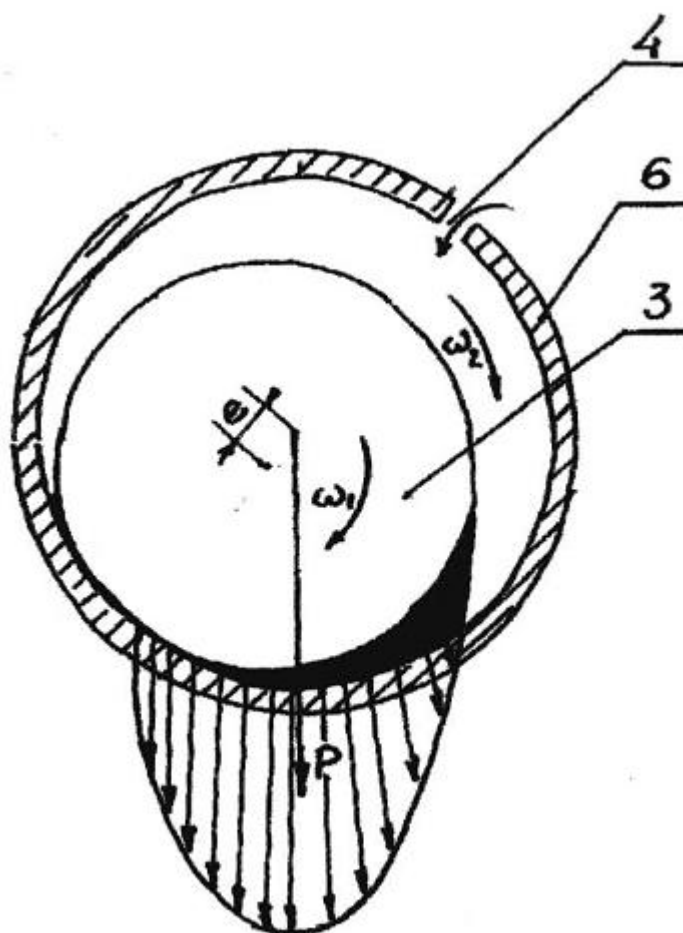
(21) Номер заявки: <b>u 2014 05752</b>	(72) Винахідник(и):
(22) Дата подання заявки: <b>28.05.2014</b>	(73) Власник(и):
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>12.01.2015</b>	<b>Сивоконь Олександр Федорович,</b> пров. Ушакова, 5, кв. 1, м. Шостка, Сумська обл., 41100 (UA)
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>12.01.2015, Бюл.№ 1</b>	(74) Представник: <b>Зубков Валерій Васильович</b>

## (54) ВУЗОЛ ШАТУНОВОЇ ШИЙКИ КОЛІНЧАСТОГО ВАЛА ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

### (57) Реферат:

Вузол шатунової шийки колінчастого вала двигуна внутрішнього згоряння містить забезпечену масляним каналом і торцевим ущільненням шатунову шийку колінчастого вала і охоплює її розрізну, забезпечену розміщенням на внутрішній поверхні проміжним елементом, виконаним у вигляді антифрикційного покриття або розрізного вкладиша, нижню головку шатуна, причому в ньому проміжний елемент забезпечений виконаними на його поверхні, зверненій до шатунової шийки, регулярними спіралеподібними канавками, які виконані з нахилом до осі шийки в межах  $15\div 45$  кутових із взаємно протилежним нахилом щодо конструктивної середини шийки, їх геометричні центри, що лежать в площині, що проходить через вісь шийки, розміщені на кривою, описуваною залежністю  $Y = K \times X^2$ , а глибина канавок вибрана в межах  $0,1\div 0,15$  мм.

UA 95735 U



Фиг. 1

Пропонована корисна модель належить до машинобудування, а саме - до конструкції вузла шатунової шийки колінчастого вала двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ) - карбюраторних, бензинових, а також дизелів і може бути використана в автомобільній, авіаційній, суднобудівній, тепловозобудівній галузях промисловості, а також на ремонтних підприємствах вказаних галузей. Корисна модель може бути використана також у верстатобудівній промисловості в конструкціях швидкохідних високонавантажених вузлах шпинделів верстатів, таких як верстати для обробки труб великого діаметра, верстатів для обробки валків прокатних станів, в тихохідних вузлах будівельних, дорожніх, гірських, сільськогосподарських машин, в конструкціях буксових вузлів залізничних колісних пар вантажних вагонів, в яких як опори робочих валів використовуються підшипники ковзання і ін.

В умовах масового і серійного виробництва в даний час спостерігається зростання енергоємності машин, створюються технологічні процеси, що протікають в екстремальних умовах, при цьому виникає завдання конструювання машин з великим терміном експлуатації. Аналіз причин виходу із ладу машин і механізмів показує, що приблизно в 75 випадках із 100 він відбувається в наслідок зносу обертальних тертьових зв'язаних поверхонь [1], із-за зміни їх первинної структури, зміни основних показників змащуваності середовища (в'язкості мастил, насиченості мастил продуктами зносу сполучених пар, деструкції мастил унаслідок дії високих температур, газовиділення із мастильного середовища і інших чинників), унаслідок чого змінюються конструктивні і геометричні розміри пар, що сполучаються, знижується тиск середовища, збільшуються ударні навантаження при зміні режимів роботи механізмів, таких наприклад, як зміна числа обертів від зміни навантаження на двигун ДВЗ при різних режимах роботи, що зрештою лавино подібно приводить до руйнування вузла ковзання і, зрештою, до аварійної поломки всього механізму.

Особливу актуальність у зв'язку з інтенсивним розвитком моторобудування, зокрема автомобільного, набуває питання надійності роботи шатунових шийок колінчастих валів багаточислинних карбюраторних і дизельних двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ) малої і особливо середньої і великої потужності.

В більшості випадків зв'язок поршня ДВЗ з колінчастим валом здійснюється за допомогою шатуна, забезпеченого верхньою головкою, зв'язаною з поршнем за допомогою поршневого пальця, і нижньою головкою, сполученою з колінчастим валом двигуна з'єднанням з шатуною шийкою. Нижня головка шатуна, зазвичай, виконується розрізною і охоплює шатунову шийку з деяким зазором по всій робочій поверхні, при цьому між робочою поверхнею шийки і робочою поверхнею нижньої головки шатуна вводиться проміжний елемент у вигляді нанесеного на робочу поверхню нижньої головки антифрикційного покриття (наприклад бабіту Б83, алюмінію із додатком бронзи і ін.) або встановлюваних в проточки шатунової головки покритих антифрикційним шаром завтовшки 0,2 - 0,5 мм (наприклад свинцю, олова із бронзою та ін.) кільцевих (в разі збірного колінчастого вала) або розрізних (у разі суцільно кованого або суцільнолитого колінчастого вала) вкладишів. Вкладиші можуть мати на робочій поверхні мастилоутримуючий рельєф, нанесений механічним або електрохімічним засобом, у вигляді лунок або сітки глибиною до 0,005 мм, а також отвори, що періодично сполучаються при обертанні колінчастого вала з мастилопідвідним каналом, що виконується в шийці колінчастого вала і пов'язаного із загальною магістраллю подачі мастильного середовища від джерела - насоса необхідного тиску і продуктивності [2].

Шатунові підшипники колінчастого вала навантажені високими питомими навантаженнями, що періодично змінюються відповідно до фаз газорозподілу двигуна, що доходять до 200 кг/см<sup>2</sup> і більше, працюють при високих окружних швидкостях порядку 10-30 м/сек. Унаслідок важких умов роботи підшипники схильні до різних дефектів, зокрема пошкодження поверхонь, що сполучаються, твердими частинками, що утворюються в результаті зносу робочих поверхонь як шатунової шийки, так і вкладиша, а також частинок нагару, процесів, що виникають в результаті процесів, які проходять в камерах згоряння двигуна. Вказані частинки накопичуються в змащувальному середовищі і заносяться потоком мастила в робочі зазори, тим самим сприяючи інтенсивному збільшенню зносу пари, що треться. Це приводить до скорочення тривалості служби двигуна між капітальними і поточними ремонтами, викликає вимушені зупинки двигуна, а в окремих випадках приводить до серйозних аварій, що виводять двигун із ладу [2]. Аналогічні дефекти в парах ковзання, що обертаються, відбуваються і в інших високонавантажених вузлах машин і механізмів, наприклад в буксових вузлах залізничних вантажних вагонів.

Значна частка в підвищенні зносу пари ковзання доводиться на різні режими роботи двигуна. Тривалими дослідженнями встановлено [3, 4], що до 20 - 25 % зносу шатунових підшипників доводиться на період пуску і при несталих режимах, а також в процесі

прироблення. При зупинці двигуна у вузлі шатунової шийки змащувальне олива стікає з робочих поверхонь. При подальшому пуску двигуна проходить якийсь час, необхідний для досягнення режиму рідинного мастила, що різко збільшує знос вузла в період пуску [3]. У цей період у разі зтяжного процесу пуску можливі такі серйозні пошкодження вузла, як задирки, які практично виводять його з ладу. Прироблення шатунової пари також характерне значною інтенсивністю зношування деталей пари і повинна здійснюватися на найбільш щадних режимах роботи ДВЗ (при роботі порожньо), оскільки в цей період відбувається руйнування макрорельєфу (шорсткості) взаємодіючих поверхонь, виконаних при їх виготовленні після остаточної технологічної обробки. Приробленню вузлів шатунових шийок зазвичай на працюючому двигуні відводиться певний час залежно від його призначення, потужності, оборотів порожнього ходу і інше і складає в середньому 100-300 часів.

Підшипник вузла шатунової шийки колінчастого вала ДВЗ належить до гідродинамічного виду підшипників, що має рідинний характер, при цьому мають місце наступні явища при його роботі.

Припустимо, що підшипник навантажений постійною по величині і напрямку силою  $P$  (див. Фіг. 1). Шатунова шийка колінчастого вала, розташована в головці шатуна із зазором, який є неодмінною умовою рідинного мастила, займає під дією навантаження ексцентричне положення. При цьому центр шийки не співпадає з геометричним центром шатунової головки і описує коло радіусом, меншим радіального зазору  $\delta = 0,5 (D_{г.ш.} - d_{ш.ш.})$  на величину ексцентриситету  $e$ . Від зміщення осі шийки залежить величина мінімального зазору в навантаженій області підшипника  $h_{\min.} = \delta - e = \delta (1 - \chi)$ , де  $\chi$  - відносний ексцентриситет. Мінімальний зазор (або мінімальна товщина шару мастила) з урахуванням нерівностей (шорсткості) оброблених робочих поверхонь шатунових шийок і вкладишів по 8 - 9 класу чистоти повинна складати 6-8 мкм [3]. По обидві сторони від точки найбільшого зближення робочої поверхні шатунової шийки і робочої поверхні вкладиша приймає форму клиноподібної щілини, що розходиться. При обертанні поверхня вкладиша захоплює за собою концентричні шари змащувального мастила - перший, змочуваний її шар - через адсорбцію масла металевою поверхнею, наступні - через в'язкість мастила. Швидкість перебігу мастила послідовно убуває від робочої поверхні шатунової шийки, де вона рівна нулю (див. Фіг. 2, 4). Таким чином, у вузлі шатунової шийки утворюється безперервна циркуляція мастила, направлена в убік обертання шатунової шийки колінчастого вала.

Потрапляючи в зазор, що поступово звужується по напрямку обертання, мастило через силу нестисливості прагне розтектися по всіх доступних напрямках - паралельно напрямку руху і перпендикулярно йому - до торців шатунової шийки. Витіканню мастила перешкоджають сили в'язкості, які можуть бути подолані тільки підвищенням тиску в мастильному шарі. У міру звуження зазору витікання мастила все більш важке і для проштовхування його необхідний все більший тиск, при цьому найбільше значення воно досягає в тому місці, де зазор має найменше значення. Підвищення тиску мастила, з одного боку, підважує шатунову головку, розширюючи прохідний переріз, а з іншої - збільшує швидкість витікання мастила. В результаті сумісної дії цих чинників настає стан рівноваги, що характеризується таким розподілом тиску в шарі, при якому витиснений на всіх напрямках об'єм мастила рівний об'єму мастила, що вноситься шатуною шийкою в простір зазору, що звужується.

У моторобудуванні традиційно приймається, що шатунові шийки колінчастих валів і відповідні їм поверхні тертя вкладишів повинні мати суворо циліндрові форми з відхиленням від циліндричності в межах 3-5 мкм. При цьому мається на увазі, що в процесі прироблення в парі «шатунова шийка - вкладиш головки шатуна» при технологічному гарантованому зазорі в межах до 10 - 15 мкм прироблення протікає рівномірно по всій поверхні контактуючих поверхонь пари тертя на всій довжині навантаження, проте наявна практика цього не підтверджує.

Виявляється, що вже на стадії прироблення з'являється вироблення шатунової шийки в середній її частині, при цьому вироблення поверхні вкладиша мінімальне. За рахунок збільшення зазору в парі тертя змінюється характер перебігу мастила від середини шийки до її торців і процес зносу ще більш посилюється. Одним із засобів боротьби з описуваним явищем прийнято рахувати нанесення на робочу поверхню вкладишів шатунової головки мікрорельєфу у вигляді сітки або поглиблень з величиною западин до 0.005 мм для збереження в них деякої кількості мастила на період зменшення обертів колінчастого вала або його повної зупинки, проте цей захід виявляється на практиці недостатньо ефективним.

Задачею запропонованої корисної моделі є створення конструкції вузла шатунової шийки колінчастого вала ДВЗ, вільного від недоліків відомих конструкцій вузлів, що виявляються в період його пуску, зупину і прироблення, а також при нестационарних режимах.

Поставлена задача вирішується тим, що у відомому вузлі шатунової шийки колінчастого вала ДВЗ, що містить забезпечену мастильним каналом і торцевим ущільненням шатунову шийку колінчастого вала і охоплюючи її розрізну, забезпечену розміщеним на внутрішній поверхні проміжним елементом, виконаним у вигляді антифрикційного покриття або розрізного  
 5 вкладиша, нижню головку шатуна, в ньому проміжний елемент забезпечений виконаними на його поверхні, звернений до шатунової шийки, регулярними спіралеподібними канавками, які нанесені на внутрішню поверхню вкладиша з нахилом до осі шийки в межах  $15^{\circ}$  -  $45^{\circ}$  кутових, з взаємно протилежним нахилом щодо конструктивної середини шийки, при цьому геометричні центри канавок, що лежать в площині, що проходить через вісь шийки, розміщені на кривій,  
 10 описуваній параболічною функціональною залежністю  $Y = K \times X^2$ , глибина канавок вибрана в межах 0,1 - 0,15 мм, зазор між робочою поверхнею шийки і робочою поверхнею проміжного елемента у вищій точці кривої, твірна робочої поверхні проміжного елемента, вибрана в межах 5,0 - 15,0 мкм, зазор між робочою поверхнею шийки і робочою поверхнею проміжного елемента у торцях шийки вибраний в межах 1,0 - 10,0 мкм, а канавки на робочій поверхні проміжного  
 15 елемента виконані з кроком 0,1 - 5,0 мм.

Пропонована корисна модель представлена на кресленнях, де:

- На Фіг. 1, 2, 4 представлені діаграми характеру масляного клину в системі «вал - втулка» вузла шатунової шийки колінчастого валу;

- На Фіг. 3 представлено схематичне креслення пропонованого вузла. Вузол шатунової шийки колінчастого вала містить (див. Фіг. 3) закріплену між щоками 1 колінчастого вала 2 шатунову шийку 3 з мастилопідвідним каналом 4. Шатунову шийку охоплює нижня (шатунова) головка шатуна 5, в яку поміщений розрізний або нерозрізний, у разі розбірного колінчастого вала, вкладиш 6. На робочій поверхні вкладиша виконані канавки 7, які мають в поперечному  
 20 перерізі форму півкола, проте вони можуть бути виконані і іншої форми, наприклад квадратною, прямокутною або трикутною. Геометричні центри канавок, що лежать в площі, що проходить через вісь шийки, розміщуються на кривій, описуваній параболічною функціональною залежністю  $Y = K \times X^2$ , де  $Y$  - величина «А» на Фіг. 3, показник  $K$  - відношення довжини робочої поверхні шатунової шийки до її діаметра у торцях, а  $X$  - довжина робочої поверхні вкладиша. Величина «В» - зазор між робочою поверхнею шийки і робочою поверхнею вкладиша в найвищій точці вищезгаданої кривої, а величина «С» - зазор між робочою поверхнею шийки і  
 30 робочою поверхнею вкладиша у торцях шийки. Канавки виконані по спіралі, починаючи від геометричної середини шийки до її торців, при цьому вони мають нахил до осі шийки. Робоча поверхня шатунової шийки виконана суворо циліндровою, з відхиленням на овальність в межах 0,001 - 0,003 мм. Пропонований вузол працює таким чином.

Спочатку шатунова шийка 3 нерухома щодо нижньої головки шатуна 5, при цьому в зазорі між робочими поверхнями шийки 3 і вкладиша 6, а також в канавках 7 зберігається деяка кількість мастила, що утримується силами внутрішньо - молекулярного зчеплення і що перешкоджають витіканню мастила через торці шийки. З початком обертання колінчастого вала під дією сил, переданих від поршня через шатун на шатунову шийку і відповідно обертання  
 40 шатунової шийки в нижній головці шатуна утворюється змінний мастильний клин, тиск в якому має найбільшу величину в зоні максимального зазору між робочими поверхнями, при цьому за рахунку відцентрових сил, що виникають при обертанні шийки, зростає і тиск в канавках 7, що примушує переміщатися мастило від середини шийки до її торців у взаємно протилежному напрямі від середини шийки (із зони подачі мастила каналом 4), при цьому струм мастила в  
 45 канавках захоплює за собою частину мастила, що знаходиться в зазорі між робочими поверхнями, закручуючи потік по напрямку обертання вала, тим самим збільшуючи інтенсивність змащування поверхонь, що труться, на найважчих режимах роботи двигуна - момент пуску, при приробленні або зупинці. На вказаних режимах виявляється і такий позитивний ефект, як наближення в процесі прироблення поверхні вкладиша, виконаної у формі параболоїда обертання, до суворо циліндрової форми, що сприяє в після обкатний період надійної роботі  
 50 вузла.

Пропоноване конструктивне виконання вузла шатунової шийки колінчастого вала дозволяє поліпшити умови роботи вузла в режимі пуску двигуна і його зупинці, а також в режимі прироблення в період обкатки знов встановлених елементів шатунової шийки, що сприяє  
 55 збільшенню міжремонтних термінів ДВЗ і підвищенню його надійності і довговічності.

Пропонований вузол може бути використаний як в карбюраторних, так і в дизельних ДВЗ різної потужності як при їх виготовленні, так і при ремонтах на підприємствах відповідних галузей промисловості, проте переважне його використання в двигунах середньої і великої  
 60 потужності, як швидкохідних, так і тихохідних. Крім цього пропоноване конструктивне виконання вузла ковзання, що обертається, може бути використане при створенні високонавантажених

вузлів гірських, сільськогосподарських, дорожніх машин, буксових вузлів залізничних колісних пар вантажних вагонів і ін.

В даний час в м. Глухів, Україна, розробляється оснащення для обробки вузла шатунової шийки колінчастих валів двигунів легкових автомобілів вітчизняного виробництва відповідно до даної пропозиції.

Бібліографічні посилання:

1. И.В. Крагельский, М.Н. Добичин, В.С. Комбалов «Основы расчетов на трение и износ». - М.: «Машиностроение», 1977. - С. 271-273, 274.

2. П.И. Орлов «Конструкция и расчет деталей авиационных двигателей». - М.: гос. изд-во оборонной пром-ти, 1940. - Ч. 1. - С. 544-545.

3. В.М. Архангельский, М.М. Вихерт, А.Н. Воинов и др. «Автомобильные двигатели». - М.: изд-во «Машиностроение», 1967. - С. 403-406, 455-461.

4. «Трение, изнашивание и смазка», справочник, кн. 2, под ред. д-ра техн. наук, проф. И.В. Крагельского и канд. техн. наук В.В. Алисина. - М.: «Машиностроение», 1979. - С. 111.

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Вузол шатунової шийки колінчастого вала двигуна внутрішнього згоряння, що містить забезпечену масляним каналом і торцевим ущільненням шатунову шийку колінчастого вала і що охоплює її розрізну, забезпечену розміщенням на внутрішній поверхні проміжним елементом, виконаним у вигляді антифрикційного покриття або розрізного вкладиша, нижню головку шатуна, який **відрізняється** тим, що в ньому проміжний елемент забезпечений виконаними на його поверхні, звернених до шатунової шийки, регулярними спіралеподібними канавками, які виконані з нахилом до осі шийки в межах  $15 \div 45$  кутових із взаємно протилежним нахилом щодо конструктивної середини шийки, їх геометричні центри, що лежать в площині, що проходить через вісь шийки, розміщені над кривою, описуваною залежністю  $Y = K \times X^2$ , а глибина канавок вибрана в межах  $0,1 \div 0,15$  мм, причому зазор між робочою поверхнею шийки і робочою поверхнею проміжного елемента у вищій точці кривої, твірна робочій поверхні проміжного елемента вибрана в межах  $5,0 \div 15,0$  мкм, зазор між робочою поверхнею шийки і робочою поверхнею проміжного елемента у торцях шийки вибраний в межах  $1,0 \div 10,0$  мкм, а канавки на робочій поверхні проміжного елемента виконані з кроком  $0,1 \div 5,0$  мм.

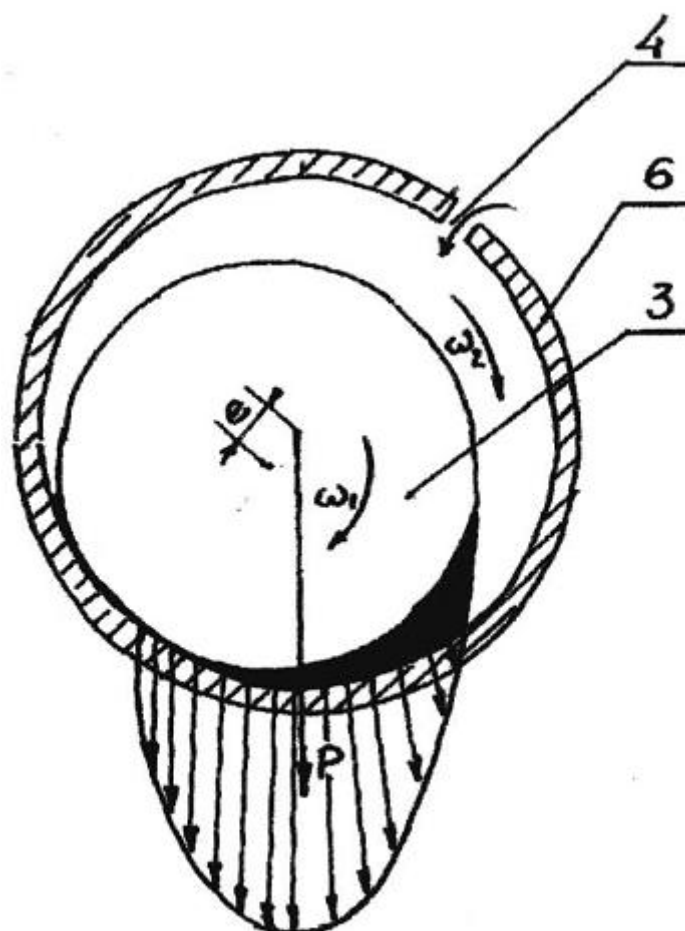


Fig. 1

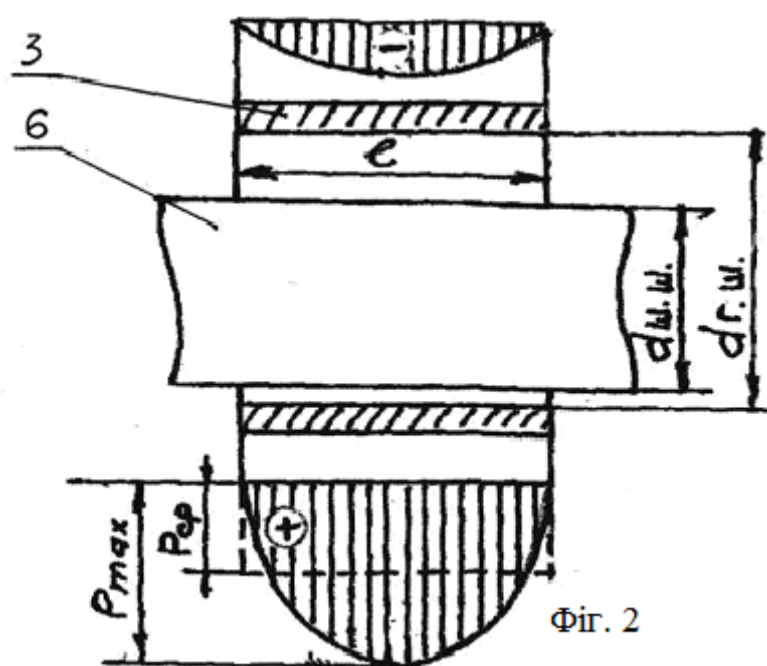
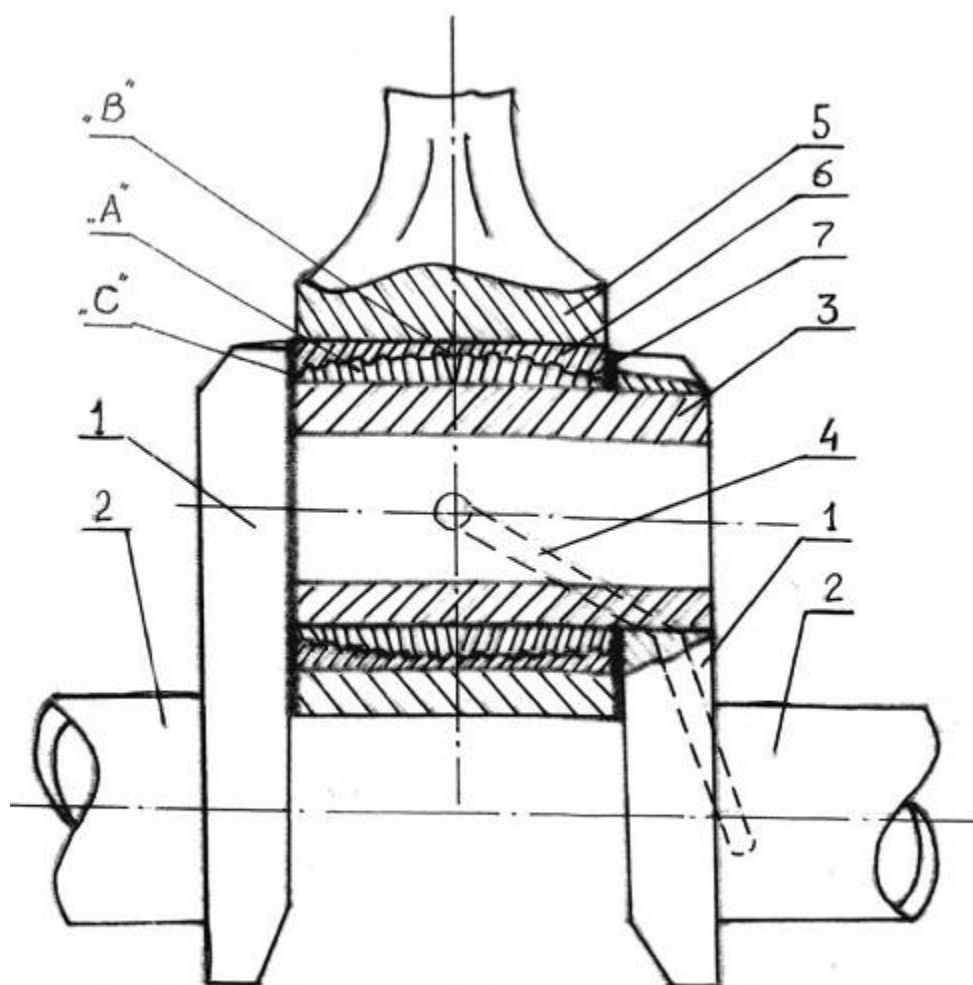


Fig. 2



Фиг. 3



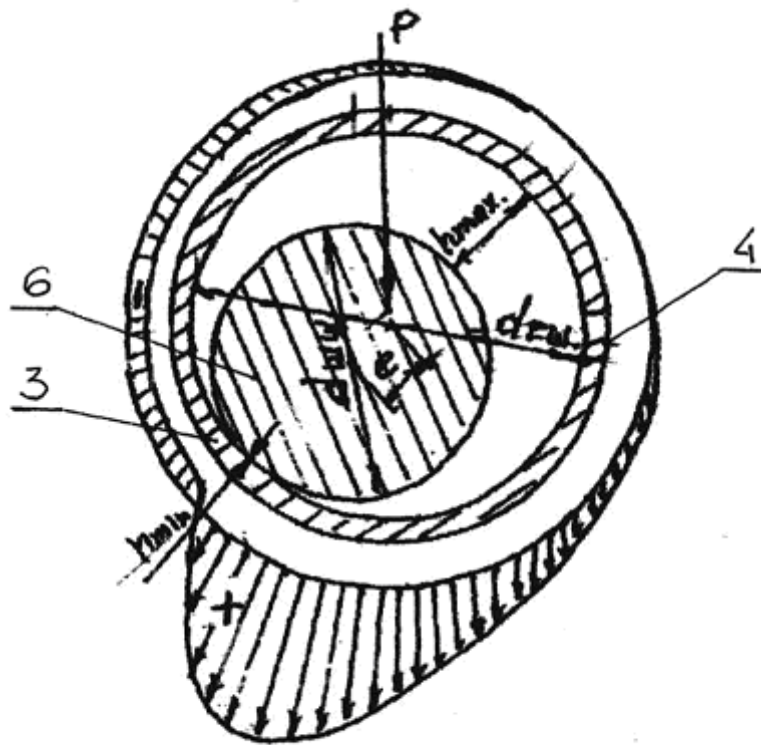


Fig. 4

Комп'ютерна верстка С. Чулій

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

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