



УКРАЇНА

(19) UA (11) 2910 (13) U

(51) 7 B23P6/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ВИГОТОВЛЕННЯ ШЕСТИЕРЕННОГО НАСОСА З ПІДВИЩЕНИМ КОЕФІЦІЄНТОМ ОБ'ЄМНОЇ ПОДАЧІ

1

(21) 2003076224
(22) 04 07 2003
(24) 15 09 2004
(46) 15 09 2004, Бюл. № 9, 2004 р
(72) Кулешков Юрій Володимирович, Черновол Михайло Іванович, Матвієнко Олександр Олександрович
(73) КІРОВОГРАДСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
(57) Спосіб виготовлення шестеренного насоса з підвищеним коефіцієнтом об'ємної подачі, який включає механічну обробку шестерень і корпусу і збирання шестеренного насоса, який відрізняється тим, що обробку шестерень і наступне збирання шестеренного насоса здійснюють з гарантованим радіальним зазором в спряженні деталей "корпус - шестерні", який визначають з умови

визначення радіального зазору в спряженні деталей "корпус - шестерні", який визначають з умови

$$\delta_p = 2 \sqrt{\frac{\pi n \mu_p r}{\Delta p}},$$

де δ_p - радіальний зазор, м,

μ - в'язкість робочої рідини, Па·с,

l_p - довжина зони ущільнення верхівок зубців шестерень корпусом, м,

r - радіус корпусу в місці спряження з шестернями, м,

n - частота обертання шестерень насоса, об/с,

Δp - перепад тиску між камерами всмоктування і нагнітання, Па

2

Винахід відноситься до галузі машинобудування, а саме до технології виготовлення шестеренного насоса і може бути використаний у крупносерійному та масовому виробництві шестеренних насосів, а також при централізованому ремонті шестеренних насосів на ремонтних підприємствах

Відомий спосіб виготовлення шестеренного насоса з підвищеним коефіцієнтом об'ємної подачі приведенням посадок спряжених деталей до початкових шляхом шліфування шестерень (роторів), розточуванням колодязів в корпусі (статорі) і розточуванням отворів під цапфи шестерень в підшипниках ексцентрично зі зміщенням шестерень в бік приймальної порожнини насоса, а ділянки розділення робочих порожнин на стінках колодязів корпусу (статора) обробляють врізанням зубців насоса в ці стінки під дією тиску робочої рідини [1,2]

До недоліків способу слід віднести недостатню об'ємну подачу (ОП), недостатній коефіцієнт об'ємної подачі (КОП), а також недостатню довговічність насоса

Найбільш близьким за технічною сутністю до винаходу що пропонується, є спосіб виготовлення шестеренних насосів з підвищеним коефіцієнтом

об'ємної подачі, який включає механічну обробку шестерень, механічну обробку корпусу і збирання шестеренного насоса, при цьому механічну обробку корпусу здійснюють зі зміщенням осі обробки в сторону максимального зносу корпусу [3]

Але і цьому способу притаманні ті ж недоліки недостатня ОП, недостатній КОП, а також недостатня довговічність

Відомо, що в існуючих способах виготовлення шестеренного насоса з підвищеним КОП для підвищення ОП і КОП намагаються виконати радіальний зазор мінімальним. А тому в умовах крупносерійного і масового виробництва для створення нульового радіального зазору в спряженні "шестерні - корпус" обробку ділянки розділення робочих порожнин на стінках колодязів корпусу здійснюють врізанням зубців шестерень в стінки корпусу насоса під дією тиску робочої рідини на стадії обкатки шестеренного насоса

З вищевказаного витікає, що геометричні розміри робочої камери насоса обмежуються в радіальному напрямку верхівками зубців шестерень і стінками корпусу при умові нульового радіального зазору чим і пояснюється зниження ОП і КОП шестеренного насоса

Зниження довговічності шестеренного насоса

(13) U

(11) 2910

(19) UA

пояснюється тим, що створення нульового радіального зазору в спряженні "шестерні - корпус" шляхом врізання зубців шестерень в стінки корпусу насоса під дією тиску робочої рідини призводить до початкового зносу корпусу шестеренного насоса ще на стадії його виготовлення.

Окрім того, утворенням нульового радіального зазору в радіальному спряженні "шестерні - корпус" зазначеним способом [3] створюються передумови для інтенсивного зносу, як корпусу в місці спряження з шестернями, так і самих шестерень по зовнішньому діаметру. З'ясувати причини цього можна висвітливши механізм абразивного зношування корпусу.

Відомо, що знос деталей в радіальному спряженні шестеренного насоса відноситься не до підрозабразивного, а до абразивного [4]. Попадання абразивних часток в нульовий зазор радіального спряження відбувається шляхом затягування абразивних часток шестернями, що обертаються. Низька твердість алюмінієвого корпусу (80-120НВ) по-перше, сприяє зношуванню самого корпусу, а, по-друге, призводить до застрягання самих абразивних часток в корпус, що сприяє інтенсивному зносу шестерень шестеренного насоса по зовнішньому діаметру закріпленими в корпусі частками абразиву.

Тобто, описана ситуація породжує технічне протирччя, яке полягає в тому, що прагнення мінімально зменшити зазор в місці ущільнення корпусом верхівок зубців шестерень призводить до підвищення інтенсивності абразивного зношування, як корпусу шестеренного насоса, так і верхівок зубців шестерень. Цим пояснюється недостатній рівень довговічності шестеренного насоса.

Задача, яку вирішує винахід, що пропонується, полягає в підвищенні об'ємної подачі і коефіцієнта об'ємної подачі шестеренного насоса шляхом використання ефекту фрикційного руху робочої рідини, а також підвищення довговічності шестеренного насоса шляхом зниження, як першопочаткового зносу корпусу, так і подальшого виключення зносу деталей радіального спряження.

Поставлена задача підвищення ОП, КОП і довговічності шестеренного насоса вирішується за рахунок того, що в способі виготовлення шестеренного насоса який виключає механічну обробку шестерень та корпусу і збирання шестеренного насоса, обробку шестерень і наступне збирання шестеренного насоса здійснюються з гарантованим радіальним зазором в спряженні деталей "корпус - шестерні", який визначають з умови

$$\delta_p = 2 \sqrt{\frac{\pi \mu_p \Gamma}{\Delta p}} \quad (1)$$

де δ_p - радіальний зазор, м

μ - в'язкість робочої рідини, Па·с

Γ - довжина зони ущільнення верхівок зубців шестерень по всьому, м,

r - радіус корпусу в місці спряження з шестернями, м,

n - частота обертання шестерень насоса, об/с,

Δp - перепад тиску між камерами всмоктування

і нагнітання, Па

Одним з негативних явищ в роботі шестеренного насоса є втрати робочої рідини через радіальний зазор між верхівками зубців шестерень і корпусом, що призводить до падіння ОП і КОП насоса.

Ущільнення верхівок зубців шестерень насоса, що є по суті ущільненням радіального зазору, відбувається в області порожнини низького тиску в зонах ділянок розділення робочих порожнин обто, відомо, що збільшення радіального зазору звичайно призводить до збільшення втрат робочої рідини, а отже до зниження КОП і ОП шестеренного насоса. Але, як випливає з вищевикладеного певний гарантований радіальний зазор не тільки не призводить до росту втрат робочої рідини, а навпаки, при виконанні умови (1) призводить до підвищення ОП і КОП шестеренного насоса.

Для пояснення цього розглянемо залежність втрат робочої рідини через радіальний зазор в шестеренному насосі від величини цього зазору. Відомо, що ця залежність має вигляд [5],

$$C_{\text{вт}} = -b \left(\frac{\Delta p \delta_p^3}{12 \mu_p} - \pi n \Gamma \delta_p \right) \quad (2)$$

де b - ширина шестерень насоса, м

В формулі (2) на відміну від формули, яка наведена в [5] поставлений знак "мінус". Тим самими підкреслюється, що втрати робочої рідини спрямовані в сторону протилежну напрямку об'ємної подачі шестеренного насоса.

В такому разі залежність (2) можна переписати у вигляді:

$$C_{\text{вт}} = -b \left(\pi n \Gamma \delta_p - \frac{\Delta p \delta_p^3}{12 \mu_p} \right) \quad (3)$$

В формулі (3) перший доданок носить назву фрикційної складової втрат робочої рідини.

Як видно з (3) фрикційна складова втрат робочої рідини направлена в сторону протилежну напрямку втрат робочої рідини, тобто співпадає з напрямком ОП насоса і при цьому, як видно з (3) пропорційна частоті обертання шестерень, зовнішньому радіусу шестерні і величині радіального зазору. Логічно припустити, що існує таке співвідношення між частотою обертання шестерень і радіальним зазором, при якому фрикційна складова перевищує другий доданок. В цьому разі вираз (3) стає позитивним і додається, а не віднімається, як звичайно до ОП шестеренного насоса.

Тобто, збільшуючи частоту обертання шестерень, ми зможемо не тільки зменшити втрати робочої рідини через радіальний зазор, але й забезпечити збільшення ОП, а значить і КОП шестеренного насоса.

Цей феномен, з точки зору фізики можна пояснити тим, що завдяки такій властивості робочої рідини, як в'язкість і прилипання до твердих стінок, її частина, яка знаходиться в радіальному зазорі захоплюється верхівками шестерень, що обертаються і переноситься з камери всмоктування до камери нагнітання. Тобто, по суті зростає об'єм робочої камери насоса, при чому за межі її геометричних розмірів. Як відомо, геометричні розміри робочої камери шестеренного насоса обмежуються діаметром верхівок шестерень.

Перші насоси, які були вироблені промисловою володіли низькою частотою обертання шестерень, що і спонукало до створення мінімального, нульового радіального зазору шляхом врізання шестерень в корпус шестеренного насоса

Частота обертання сучасних шестеренних насосів зросла в 3-4 рази, що згідно формули (1) дає можливість збільшити радіальний зазор без збільшення втрат робочої рідини

Знайшовши першу похідну від функції втрат робочої рідини від радіального зазору (3) отримаємо вираз виду

$$\frac{dq_{вт}}{d\delta_p} = b \left(\pi \eta r - \frac{\Delta p \delta_p^3}{4 \mu l_p} \right) \quad (4)$$

Прирівнюючи праву частину залежності (4) до нуля отримаємо рівняння виду

$$\frac{\Delta p \delta_p^3}{4 \mu l_p} = \pi \eta r \quad (5)$$

Розв'язуючи рівняння (5) відносно δ_p , знайдемо значення радіального зазору, при якому фрикційна складова залежності (3) буде максимальна. В результаті отримаємо

$$\delta_p = 2 \sqrt{\frac{\pi \eta \mu l_p r}{\Delta p}} \quad (6)$$

Таким чином, з наведеного бачимо, що залежність (1) гарантує таке значення радіального зазору, при якому гарантуються збільшення ОП, і досягнення максимального КОП шестеренного насоса за рахунок максимальної величини фрикційної складової, яка визначається перш за все частотою обертання шестерень, в'язкістю робочої рідини, протяжністю зони ущільнення радіального зазору і зовнішнім радіусом шестерні, а також тиском, який розвиває шестеренний насос

Підвищення довговічності шестеренного насоса вирішується за рахунок того, що обробку шестерень і наступне збирання шестеренного насоса здійснюють з гарантованим радіальним зазором в спряженні деталей "корпус - шестерні", що виключає початковий знос корпусу шестеренного насоса на стадії його виробництва при обкатуванні насоса

Звертаючи на механізм абразивного зношування, що описаний вище, приходимо до наступного. Зношування деталей радіального спряження шестеренного насоса не буде відбуватись за умови, коли абразивні частки будуть мати можливість вільно проходити крізь радіальний зазор. Тобто запобігання явища абразивного зношення сприяє збільшенню радіального зазору до розмірів, через які спроможні вільно пройти абразивні частки будь-якого розміру не зачепивши стінок корпусу і верхівки зубців корпусу

Тобто гарантований радіальний зазор повинен бути більшим ніж середньозважений розмір часток, які присутні в робочій рідині - $d_{св}$ і це перебільшення, як показують експериментальні дослідження повинно бути не менше ніж $1,5 d_{св}$. Це пояснюється тим, що в радіальному зазорі при умові $\delta_p < 1,5 d_{св}$ у взаємодії з корпусом і шесте-

рнями вступають декілька абразивних часток утворюючи конгломерати, які заклинюються між корпусом і верхівками зубців шестерень, що призводить до інтенсивного зношування деталей насоса. При збільшенні радіального зазору до величини

$$\delta_p > 1,5 d_{св} \quad (7)$$

ймовірність такої взаємодії різко знижується. Умова (7) являється нижньою границею гарантованого радіального зазору

Тобто, підвищення довговічності шестеренного насоса досягають тим, що при його виготовленні і збиранні забезпечують гарантований радіальний зазор між корпусом і вершинами зубців шестерень, чим забезпечується зменшення інтенсивності абразивного зношування деталей насоса завдяки тому, що такий зазор забезпечує вільне проходження через нього практично всіх абразивних часток. Це і забезпечує підвищення довговічності шестеренного насоса

З наведеного бачимо, що запропонований спосіб сприяє підвищенню ОП і КОП шляхом використання ефекту фрикційного руху робочої рідини, а також підвищення довговічності шестеренного насоса шляхом зниження, як першопочаткового зносу корпусу, так і подальшого виключення зносу деталей радіального спряження. Тим самим підтверджується наявність причинно-наслідкового взаємозв'язку між відмінними ознаками винаходу і тим позитивним ефектом, який досягається при реалізації винаходу

Порівняльний аналіз всіх відомих способів, які мають місце у цій області і описані в джерелах [1, 2, 3], показали, що всі вони спрямовані на зменшення радіального зазору, причому навіть за рахунок зношування корпусу шестеренного насоса в процесі виготовлення. Ними пропонується спосіб, суттєвості якого полягає в обробці шестерень і збиранні шестеренного насоса з гарантованим зазором, який, крім того, визначається з умови (1). Це забезпечує досягнення мети винаходу, а саме підвищення ОП і КОП, а також підвищення довговічності шестеренного насоса. З цього випливає, що зазначені відмінні ознаки є суттєвими

Крім того, аналіз відомих джерел, які мають місце у цій області показали, що найбільш істотними серед них є технічні рішення, що описані в аналогах [1, 2] і в прототипі [3]. Винахід, що пропонується відрізняється від відомих рішень зазначеними вище відмінними ознаками, які на даний момент не були відомі. Таким чином, бачимо, що сукупність наведених відмінних ознак, за нашими даними, на дату подачі заявки невідома, що свідчить про новизну способу

Таким чином, з вищенаведеного бачимо, що порівняння технічного рішення, що пропонується з іншими, які мають місце у цій області, найбільш істотні з яких описані в джерелах [1, 2, 3], а також встановлений логічний взаємозв'язок між відмінними ознаками винаходу і позитивними ефектами, що досягаються при реалізації винаходу забезпечує рішення зазначених задач, що свідчить про суттєвість і новизну зазначених відмінних ознак

На фіг. 1 показано рух робочої рідини в радіальному зазорі при перепаді тиску між камерами

нагнітання і всмоктування Δ і обертання шестерень $\omega > 0$

На фіг 2 наведено графік залежності витрати робочої рідини через радіальний зазор шестеренного насоса НШ-32УК-2 від величини радіального зазору при частоті обертання шестерень $n = 3206/\text{с}$ за один оберт шестерень насоса.

На фіг 3 наведено симетричний графік залежності втрат робочої рідини від величини радіального зазору при різних частотах обертання шестерень насоса $n = 833, 1063, 1283, 1503, 1723, 1943, 2163, 2383, 2603, 2823, 3043, 3263, 3483, 3703, 3923, 4143, 4363, 4583, 4803, 5023, 5243, 5463, 5683, 5903, 6123, 6343, 6563, 6783, 7003, 7223, 7443, 7663, 7883, 8103, 8323, 8543, 8763, 8983, 9203, 9423, 9643, 9863, 10083, 10303, 10523, 10743, 10963, 11183, 11403, 11623, 11843, 12063, 12283, 12503, 12723, 12943, 13163, 13383, 13603, 13823, 14043, 14263, 14483, 14703, 14923, 15143, 15363, 15583, 15803, 16023, 16243, 16463, 16683, 16903, 17123, 17343, 17563, 17783, 18003, 18223, 18443, 18663, 18883, 19103, 19323, 19543, 19763, 19983, 20203, 20423, 20643, 20863, 21083, 21303, 21523, 21743, 21963, 22183, 22403, 22623, 22843, 23063, 23283, 23503, 23723, 23943, 24163, 24383, 24603, 24823, 25043, 25263, 25483, 25703, 25923, 26143, 26363, 26583, 26803, 27023, 27243, 27463, 27683, 27903, 28123, 28343, 28563, 28783, 29003, 29223, 29443, 29663, 29883, 30103, 30323, 30543, 30763, 30983, 31203, 31423, 31643, 31863, 32083, 32303, 32523, 32743, 32963, 33183, 33403, 33623, 33843, 34063, 34283, 34503, 34723, 34943, 35163, 35383, 35603, 35823, 36043, 36263, 36483, 36703, 36923, 37143, 37363, 37583, 37803, 38023, 38243, 38463, 38683, 38903, 39123, 39343, 39563, 39783, 40003, 40223, 40443, 40663, 40883, 41103, 41323, 41543, 41763, 41983, 42203, 42423, 42643, 42863, 43083, 43303, 43523, 43743, 43963, 44183, 44403, 44623, 44843, 45063, 45283, 45503, 45723, 45943, 46163, 46383, 46603, 46823, 47043, 47263, 47483, 47703, 47923, 48143, 48363, 48583, 48803, 49023, 49243, 49463, 49683, 49903, 50123, 50343, 50563, 50783, 51003, 51223, 51443, 51663, 51883, 52103, 52323, 52543, 52763, 52983, 53203, 53423, 53643, 53863, 54083, 54303, 54523, 54743, 54963, 55183, 55403, 55623, 55843, 56063, 56283, 56503, 56723, 56943, 57163, 57383, 57603, 57823, 58043, 58263, 58483, 58703, 58923, 59143, 59363, 59583, 59803, 60023, 60243, 60463, 60683, 60903, 61123, 61343, 61563, 61783, 62003, 62223, 62443, 62663, 62883, 63103, 63323, 63543, 63763, 63983, 64203, 64423, 64643, 64863, 65083, 65303, 65523, 65743, 65963, 66183, 66403, 66623, 66843, 67063, 67283, 67503, 67723, 67943, 68163, 68383, 68603, 68823, 69043, 69263, 69483, 69703, 69923, 70143, 70363, 70583, 70803, 71023, 71243, 71463, 71683, 71903, 72123, 72343, 72563, 72783, 73003, 73223, 73443, 73663, 73883, 74103, 74323, 74543, 74763, 74983, 75203, 75423, 75643, 75863, 76083, 76303, 76523, 76743, 76963, 77183, 77403, 77623, 77843, 78063, 78283, 78503, 78723, 78943, 79163, 79383, 79603, 79823, 80043, 80263, 80483, 80703, 80923, 81143, 81363, 81583, 81803, 82023, 82243, 82463, 82683, 82903, 83123, 83343, 83563, 83783, 84003, 84223, 84443, 84663, 84883, 85103, 85323, 85543, 85763, 85983, 86203, 86423, 86643, 86863, 87083, 87303, 87523, 87743, 87963, 88183, 88403, 88623, 88843, 89063, 89283, 89503, 89723, 89943, 90163, 90383, 90603, 90823, 91043, 91263, 91483, 91703, 91923, 92143, 92363, 92583, 92803, 93023, 93243, 93463, 93683, 93903, 94123, 94343, 94563, 94783, 95003, 95223, 95443, 95663, 95883, 96103, 96323, 96543, 96763, 96983, 97203, 97423, 97643, 97863, 98083, 98303, 98523, 98743, 98963, 99183, 99403, 99623, 99843, 100063, 100283, 100503, 100723, 100943, 101163, 101383, 101603, 101823, 102043, 102263, 102483, 102703, 102923, 103143, 103363, 103583, 103803, 104023, 104243, 104463, 104683, 104903, 105123, 105343, 105563, 105783, 106003, 106223, 106443, 106663, 106883, 107103, 107323, 107543, 107763, 107983, 108203, 108423, 108643, 108863, 109083, 109303, 109523, 109743, 109963, 110183, 110403, 110623, 110843, 111063, 111283, 111503, 111723, 111943, 112163, 112383, 112603, 112823, 113043, 113263, 113483, 113703, 113923, 114143, 114363, 114583, 114803, 115023, 115243, 115463, 115683, 115903, 116123, 116343, 116563, 116783, 117003, 117223, 117443, 117663, 117883, 118103, 118323, 118543, 118763, 118983, 119203, 119423, 119643, 119863, 120083, 120303, 120523, 120743, 120963, 121183, 121403, 121623, 121843, 122063, 122283, 122503, 122723, 122943, 123163, 123383, 123603, 123823, 124043, 124263, 124483, 124703, 124923, 125143, 125363, 125583, 125803, 126023, 126243, 126463, 126683, 126903, 127123, 127343, 127563, 127783, 128003, 128223, 128443, 128663, 128883, 129103, 129323, 129543, 129763, 129983, 130203, 130423, 130643, 130863, 131083, 131303, 131523, 131743, 131963, 132183, 132403, 132623, 132843, 133063, 133283, 133503, 133723, 133943, 134163, 134383, 134603, 134823, 135043, 135263, 135483, 135703, 135923, 136143, 136363, 136583, 136803, 137023, 137243, 137463, 137683, 137903, 138123, 138343, 138563, 138783, 139003, 139223, 139443, 139663, 139883, 140103, 140323, 140543, 140763, 140983, 141203, 141423, 141643, 141863, 142083, 142303, 142523, 142743, 142963, 143183, 143403, 143623, 143843, 144063, 144283, 144503, 144723, 144943, 145163, 145383, 145603, 145823, 146043, 146263, 146483, 146703, 146923, 147143, 147363, 147583, 147803, 148023, 148243, 148463, 148683, 148903, 149123, 149343, 149563, 149783, 150003, 150223, 150443, 150663, 150883, 151103, 151323, 151543, 151763, 151983, 152203, 152423, 152643, 152863, 153083, 153303, 153523, 153743, 153963, 154183, 154403, 154623, 154843, 155063, 155283, 155503, 155723, 155943, 156163, 156383, 156603, 156823, 157043, 157263, 157483, 157703, 157923, 158143, 158363, 158583, 158803, 159023, 159243, 159463, 159683, 159903, 160123, 160343, 160563, 160783, 161003, 161223, 161443, 161663, 161883, 162103, 162323, 162543, 162763, 162983, 163203, 163423, 163643, 163863, 164083, 164303, 164523, 164743, 164963, 165183, 165403, 165623, 165843, 166063, 166283, 166503, 166723, 166943, 167163, 167383, 167603, 167823, 168043, 168263, 168483, 168703, 168923, 169143, 169363, 169583, 169803, 170023, 170243, 170463, 170683, 170903, 171123, 171343, 171563, 171783, 172003, 172223, 172443, 172663, 172883, 173103, 173323, 173543, 173763, 173983, 174203, 174423, 174643, 174863, 175083, 175303, 175523, 175743, 175963, 176183, 176403, 176623, 176843, 177063, 177283, 177503, 177723, 177943, 178163, 178383, 178603, 178823, 179043, 179263, 179483, 179703, 179923, 180143, 180363, 180583, 180803, 181023, 181243, 181463, 181683, 181903, 182123, 182343, 182563, 182783, 183003, 183223, 183443, 183663, 183883, 184103, 184323, 184543, 184763, 184983, 185203, 185423, 185643, 185863, 186083, 186303, 186523, 186743, 186963, 187183, 187403, 187623, 187843, 188063, 188283, 188503, 188723, 188943, 189163, 189383, 189603, 189823, 190043, 190263, 190483, 190703, 190923, 191143, 191363, 191583, 191803, 192023, 192243, 192463, 192683, 192903, 193123, 193343, 193563, 193783, 194003, 194223, 194443, 194663, 194883, 195103, 195323, 195543, 195763, 195983, 196203, 196423, 196643, 196863, 197083, 197303, 197523, 197743, 197963, 198183, 198403, 198623, 198843, 199063, 199283, 199503, 199723, 199943, 200163, 200383, 200603, 200823, 201043, 201263, 201483, 201703, 201923, 202143, 202363, 202583, 202803, 203023, 203243, 203463, 203683, 203903, 204123, 204343, 204563, 204783, 205003, 205223, 205443, 205663, 205883, 206103, 206323, 206543, 206763, 206983, 207203, 207423, 207643, 207863, 208083, 208303, 208523, 208743, 208963, 209183, 209403, 209623, 209843, 210063, 210283, 210503, 210723, 210943, 211163, 211383, 211603, 211823, 212043, 212263, 212483, 212703, 212923, 213143, 213363, 213583, 213803, 214023, 214243, 214463, 214683, 214903, 215123, 215343, 215563, 215783, 216003, 216223, 216443, 216663, 216883, 217103, 217323, 217543, 217763, 217983, 218203, 218423, 218643, 218863, 219083, 219303, 219523, 219743, 219963, 220183, 220403, 220623, 220843, 221063, 221283, 221503, 221723, 221943, 222163, 222383, 222603, 222823, 223043, 223263, 223483, 223703, 223923, 224143, 224363, 224583, 224803, 225023, 225243, 225463, 225683, 225903, 226123, 226343, 226563, 226783, 227003, 227223, 227443, 227663, 227883, 228103, 228323, 228543, 228763, 228983, 229203, 229423, 229643, 229863, 230083, 230303, 230523, 230743, 230963, 231183, 231403, 231623, 231843, 232063, 232283, 232503, 232723, 232943, 233163, 233383, 233603, 233823, 234043, 234263, 234483, 234703, 234923, 235143, 235363, 235583, 235803, 236023, 236243, 236463, 236683, 236903, 237123, 237343, 237563, 237783, 238003, 238223, 238443, 238663, 238883, 239103, 239323, 239543, 239763, 239983, 240203, 240423, 240643, 240863, 241083, 241303, 241523, 241743, 241963, 242183, 242403, 242623, 242843, 243063, 243283, 243503, 243723, 243943, 244163, 244383, 244603, 244823, 245043, 245263, 245483, 245703, 245923, 246143, 246363, 246583, 246803, 247023, 247243, 247463, 247683, 247903, 248123, 248343, 248563, 248783, 249003, 249223, 249443, 249663, 249883, 250103, 250323, 250543, 250763, 250983, 251203, 251423, 251643, 251863, 252083, 252303, 252523, 252743, 252963, 253183, 253403, 253623, 253843, 254063, 254283, 254503, 254723, 254943, 255163, 255383, 255603, 255823, 256043, 256263, 256483, 256703, 256923, 257143, 257363, 257583, 257803, 258023, 258243, 258463, 258683, 258903, 259123, 259343, 259563, 259783, 260003, 260223, 260443, 260663, 260883, 261103, 261323, 261543, 261763, 261983, 262203, 262423, 262643, 262863, 263083, 263303, 263523, 263743, 263963, 264183, 264403, 264623, 264843, 265063, 265283, 265503, 265723, 265943, 266163, 266383, 266603, 266823, 267043, 267263, 267483, 267703, 267923, 268143, 268363, 268583, 268803, 269023, 269243, 269463, 269683, 269903, 270123, 270343, 270563, 270783, 271003, 271223, 271443, 271663, 271883, 272103, 272323, 272543, 272763, 272983, 273203, 273423, 273643, 273863, 274083, 274303, 274523, 274743, 274963, 275183, 275403, 275623, 275843, 276063, 276283, 276503, 276723, 276943, 277163, 277383, 277603, 277823, 278043, 278263, 278483, 278703, 278923, 279143, 279363, 279583, 279803, 280023, 280243, 280463, 280683, 280903, 281123, 281343, 281563, 281783, 282003, 282223, 282443, 282663, 282883, 283103, 283323, 283543, 283763, 283983, 284203, 284423, 284643, 284863, 285083, 285303, 285523, 285743, 285963, 286183, 286403, 286623, 286843, 287063, 287283, 287503, 287723, 287943, 288163, 288383, 288603, 288823, 289043, 289263, 289483, 289703, 289923, 290143, 290363, 290583, 290803, 291023, 291243, 291463, 291683, 291903, 292123, 292343, 292563, 292783, 293003, 293223, 293443, 293663, 293883, 294103, 294323, 294543, 294763, 294983, 295203, 295423, 295643, 295863, 296083, 296303, 296523, 296743, 296963, 297183, 297403, 297623, 297843, 298063, 298283, 298503, 298723, 298943, 299163, 299383, 299603, 299823, 300043, 300263, 300483, 300703, 300923, 301143, 301363, 301583, 301803, 302023, 302243, 302463, 302683, 302903, 303123, 303343, 303563, 303783, 304003, 304223, 304443, 304663, 304883, 305103, 305323, 305543, 305763, 305983, 306203, 306423, 306643, 306863, 307083, 307303, 307523, 307743, 307963, 308183, 308403, 308623, 308843, 309063, 309283, 309503, 309723, 309943, 310163, 310383, 310603, 310823, 311043, 311263, 311483, 311703, 311923, 312143, 312363, 312583, 312803, 313023, 313243, 313463, 313683, 313903, 314123, 314343, 314563, 314783, 315003, 315223, 315443, 315663, 315883, 316103, 316323, 316543, 316763, 316983, 317203, 317423, 317643, 317863, 318083, 318303, 318523, 318743, 318963, 319183, 319403, 319623, 319843, 320063, 320283, 320503, 320723, 320943, 321163, 321383, 321603, 321823, 322043, 322263, 322483, 322703, 322923, 323143, 323363, 323583, 323803, 324023, 324243, 324463, 324683, 324903, 325123, 325343, 325563, 325783, 326003, 326223, 326443, 326663, 326883, 327103, 327323, 327543, 327763, 327983, 328203, 328423, 328643, 328863, 329083, 329303, 329523, 329743, 329963, 330183, 330403, 330623, 330843, 331063, 331283, 331503, 331723, 331943, 332163, 332383, 332603, 332823, 333043, 333263, 333483, 333703, 333923, 334143, 334363, 334583, 334803, 335023, 335243, 335463, 335683, 335903, 336123, 336343, 336563, 336783, 337003, 337223, 337443, 337663, 337883, 338103, 338323, 338543, 338763, 338983, 339203, 339423, 339643, 339863, 340083, 340303, 340523, 340743, 340963, 341183, 341403, 341623, 341843, 342063, 342283, 342503, 342723, 342943, 343163, 343383, 343603, 343823, 344043, 344263, 344483,$

При виготовленні шестеренного насоса у відповідності зі способом, що пропонується для забезпечення гарантованого радіального зазору при механічній обробці шестерень 2 поле допуску зміщують в сторону зменшення діаметру шестерень щонайменше на величину, при якій КОП шестеренного насоса буде максимальним, тобто на 0,043 мм

Окрім того, цим виконуються і умова (7) мінімального значення гарантованого радіального зазору $\delta_{\text{min}} \approx 19$ мкм. Частка абразиву - 3, яка за своїми розмірами щонайменше в 1,5 рази менше радіального зазору в цьому випадку може рухатись без перешкод крізь радіальний зазор, не зачіпаючи ні стінок корпусу 1, ні верхівки зубців шестерень 2 (див. фіг. 4).

При цьому значно зменшується зношування деталей радіального зазору, що є передумовою значного підвищення довговічності шестеренного насоса.

Якщо є можливість збільшити частоту обертання шестерень насоса, то радіальний зазор можна збільшити у відповідності з залежністю (1). На фіг. 3 відображені залежності втрат робочої рідини через радіальний зазор від величини зазору і від частоти обертання шестерень (1) графічно. А в таблиці 2 представлені можливі значення радіального зазору, при яких КОП шестеренного насоса максимальна, що рекомендується, наприклад, для шестеренного насоса НШ-32УК.

Таблиця 2

Значення радіального зазору, що рекомендується, для шестеренного насоса НШ-32УК

Частота обертання шестерень об/с (об/хв)	8,33 (500)	16,67 (1000)	25 (1500)	32 (1920)	40 (2400)	50 (3000)	60 (3600)	70 (4200)	100 (6000)
Рекомендуєма величина радіального зазору, мкм	22	30	38	43	48	53	59	63	75
Додаткова фрикційна складова ОП робочої рідини за один оберт, мм ³	27,6	39	47,8	54,1	60,5	67,6	74	80	95,6

Приклад конкретного виконання. Спосіб виготовлення шестеренного насоса, що пропонується відрізняється надзвичайною простотою впровадження у виробництво. Для цього достатньо змістити поле допуску виконання розміру зовнішнього діаметру шестерень в сторону зменшення цього діаметру.

Спосіб був здійснений при виготовленні шестеренного насоса типу НШ-32УК. В серійному насосі при виготовленні шестерень 2 їх зовнішній діаметр становить $55_{-0,076}^{-0,030}$ мкм. Ширина поля допуску становить 46 мкм. При такому полі допуску в процесі обкатування шестерні зношують корпус на глибину від 0 до 46 мкм.

Оптимальний гарантований зазор для шестеренного насоса НШ-32УК при номінальній частоті обертання $n = 32$ об/с становить 43 мкм, (Фіг. 3 і табл. 2), при цьому для частоти обертання $n = 8,33$ об/с оптимальний зазор становить 22 мкм, а максимально можливий для частоти обертання шестерень $n = 50$ об/с згідно фіг. 3 і табл. 2 становить 53 мкм.

Таким чином, при виготовленні шестерень 2 у відповідності зі способом, що пропонується їх зовнішній діаметр виконують у відповідності з розміром $55_{-0,099}^{-0,053}$ мм. Такі допуски забезпечують при збиранні шестеренного насоса гарантований зазор в межах $23 < \delta_p < 66$ мкм, а 95% насосів будуть мати зазори від 30 мкм до 50 мкм, що відповідає оптимальному зазору і відповідає оптимальному КОП шестеренного насоса. При цьому ширина поля допуску зостається без змін і становить 46 мкм.

Окрім того, такий зазор забезпечує прохід абразивної частки 3 без перешкод, що виключає абразивне зношування деталей радіального зазору корпусу 1 і верхівки зубців шестерень 2.

Для порівняння довговічності шестеренних насосів виготовлених за способом, що пропонується з серійними були проведені ресурсні стендові прискорені випробування насосів.

Ресурсні стендові прискорені випробування насосів проводили на спеціальному стенді СІН-7. Прискорення випробувань шестеренних насосів досягається шляхом збільшення частоти циклів експлуатаційного навантаження і додавання в робочу рідину штучного забруднювача. Повний цикл випробувань складається із 2-4 етапів, які тривають по 6 годин кожний.

Перший етап - режим обкатки і випробування шестеренного насоса за основними технічними характеристиками, зокрема визначення коефіцієнту об'ємної подачі. Обкатку та випробування насосів проводили на стенді КПД-6 на Кіровоградському ВАТ "Гідросила".

Після обкатки проводили заміри КОП - η_v . Визначення КОП - η_v приводили при номінальному режимі - тиску 14,0 МПа, частоті обертання 32 об/с і температурі робочої рідини $50 \pm 5^\circ\text{C}$.

Наступні етапи прискорених ресурсних випробувань тривалістю 6 годин кожний полягали в наступному. Перед кожним етапом в робочу рідину вносили штучний забруднювач у вигляді кварцового пилу з питомою площею $5600 \text{ см}^2/\text{г}$ у відповідності з ГОСТ 8002-74. Насоси випробовували при циклічному навантаженні з частотою 600 вмикань на годину при тривалості циклового навантаження

1,0 1,5 с Коефіцієнт прискорення ресурсних випробувань для описаної методики становить $K_p=200$

На ресурсні випробовування було встановлено 6 насосів, виготовлених за способом, що пропонується. Попередньо були визначені КОП шестеренного насоса, які підлягають дослідженню.

Після кожного етапу ресурсних випробувань шестеренні насоси знов досліджувалися на забезпечення ними КОП.

Випробування насосів припиняли при досягненні насосом граничного стану. У відповідності з ГСТУ 3-25-180-97 граничним станом шестеренного насоса слід вважати такий стан, при якому його КОП досягає рівня $\eta_v = 80\%$.

Середній ресурс напрацювання шестеренного насоса \bar{T}_n визначали за відомою формулою

$$\bar{T}_n = \frac{\sum_{i=1}^n T_{ni}}{n} \quad (8)$$

де T_{ni} - напрацювання i -того насоса на ресурсну відмову, тобто до того моменту коли його КОП досягне граничного значення - $\eta_{vgr} = 80\%$.

При цьому при визначенні ресурсу окремих насосів, які за період випробувань напрацювали певну кількість годин T слід використовувати інтерполяцію для тих насосів, які досягли стану, при якому КОП сягне значення $\eta_v < 80\%$.

Шестеренні насоси, які досягли граничного стану розбирали і проводили визначення зносу корпусів в місці контакту з корпусом і зносу шестерень по зовнішньому діаметру.

Порівняльні результати прискорених стендових ресурсних випробувань серійних шестеренних насосів і насосів, які виготовлені за способом, що пропонується, представлені в таблиці 3.

Таблиця 3

Порівняльні результати прискорених стендових ресурсних випробувань серійних шестеренних насосів і насосів, які виготовлені за способом, що пропонується

Технічні показники насоса	Результати досліджень технічних характеристик насосів	
	Серійного насоса	Насоса, який виготовлено за способом, що пропонується
Тривалість випробувань насосів на довговічність, годин	15	24
Коефіцієнт прискорення випробування K_p	200	200
Коефіцієнт об'ємної подачі насоса в кінці випробувань $\eta_v, \%$	71,7	82,5
Середній ресурс шестеренного насоса, год	3000	4800
Середній знос корпусу насоса в зоні контакту з шестернями, мм	0,52	0,025
Середня швидкість зношування корпусу насоса в зоні контакту з шестернями, мм/год	$173,4 \cdot 10^{-6}$	$5,2 \cdot 10^{-6}$
Середня зносостійкість корпусу насоса в зоні контакту з шестернями, год/мм	5769,23	192000
Середній знос шестерень по зовнішньому діаметру, мм	0,40	0,018
Середня швидкість зношування шестерень по зовнішньому діаметру, мм/год	$133,3 \cdot 10^{-6}$	$3,75 \cdot 10^{-6}$
Середня зносостійкість шестерень по зовнішньому діаметру, год/мм	7500	266666,67

З порівняльного аналізу технічних характеристик серійних шестеренних насосів і за способом, що пропонується, бачимо, що впровадження винаходу у виробництво дасть змогу

- підвищити ОП і КОП шестеренного насоса майже на 1%,

- підвищити довговічність шестеренного насоса, який виготовляється за способом, що пропонується в 1,6 рази за рахунок підвищення зносостійкості деталей радіального спряження насоса,

- підвищити зносостійкість корпусу шестеренного насоса в зоні спряження з шестернями в 33 раз за рахунок усунення умов для абразивного зношування деталей радіального спряження,

- підвищити зносостійкість шестерень насоса по зовнішньому діаметру в 35,5 раз за рахунок усунення умов для абразивного зношування деталей радіального спряження,

Таким чином, з порівняльного аналізу технічних характеристик серійних шестеренних насосів і за способом, що пропонується, бачимо, що впровадження винаходу у виробництво дасть змогу суттєво підвищити ОП, КОП і довговічність шестеренного насоса.

Спосіб виготовлення шестеренного насоса з підвищеним коефіцієнтом об'ємної подачі може бути успішно застосований на машинобудівних підприємствах, а також на ремонтних підприємствах, що займаються централізованим ремонтом підрамників.

Спосіб виготовлення шестеренного насоса з підвищеним коефіцієнтом об'ємної подачі, що пропонується відрізняється надзвичайно простотою впровадження у виробництво.

Список основних джерел прийнятих до уваги при складанні заявки

1 Кудрявцев П Р Повышение ресурса шестеренчатых насосов Техника в сельском хозяйстве 1970 №3 С 67 72

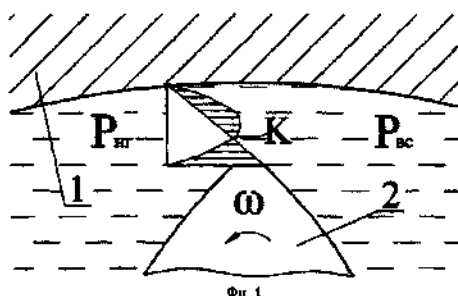
2 А С 344160 М Кл F04C1/04 П Р Кудрявцев, М Т Палиенко П Г Козменко и др, ГОСНИТИ Способ ремонта шестеренных насосов БИ №21 1972

3 А С №1706829 В23Р6/00 В И Климин, З И

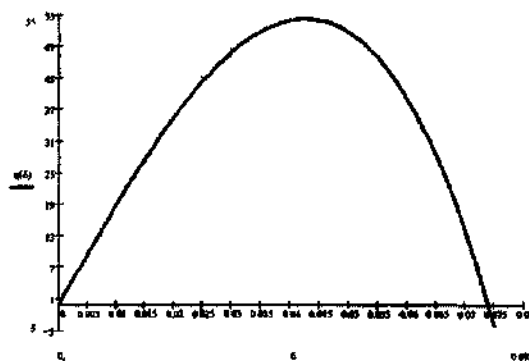
Краснокутская В В Климин, и др Способ ремонта шестеренных гидронасосов БИ №03 1992

4 Технология ремонта машин и оборудования Под общей ред И С Левитского Изд 2-е пере раб и доп М Колос 1975 - 560 с

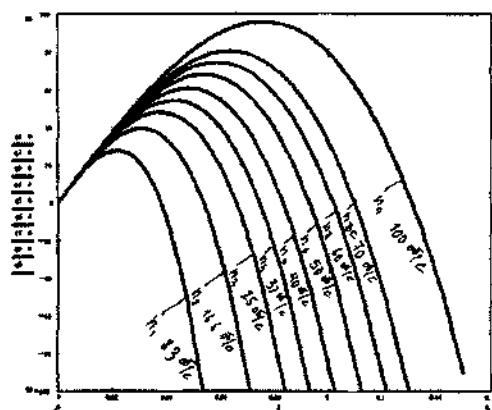
5 Е А Рыбкин А А Усов Шестеренные насосы для металлорежущих станков Машгиз, 1960 - 187 с



Фиг 1



Фиг 2



Фиг 3



Фиг 4

