

ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛЕЙ ВІБРАЦІЙНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ НАНЕСЕННЯ МАСЛОУТРИМУЮЧИХ ЛУНОК У ВУЗЛАХ ТЕРТЯ

Запропоновано конструкцію вібраційного обладнання для нанесення маслоутримуючих лунок на шийках валів. Визначено конструктивні залежності вузлів обладнання, які впливають на продуктивність роботи обладнання. Отримано залежності для розрахунку даних параметрів.

Ключеві слова: вібраційне обладнання, маслоутримуючі лунки, форма насадка.

O.A. GORDEEV, A.K. KARMALITA, A.I. GORDEEV

Khmelnitskyi National University

DESIGN FEATURES OF EQUIPMENT CONSTRUCTION OF VIBRATION UNITS FOR APPLYING OF OIL-KEEPING HOLES IN FRICTION

Annotation – The construction vibration equipment for coating oil-keeping holes on the neck shaft has been presented in the article. Structural dependency units equipment that affect the performance of the equipment and the dependencies for the calculation of these parameters have been defined. In order to increase the frequency of the vibration issue, respectively, and productivity, fluctuating camera is connected to a check valve with a working capacity. Thus vanishes are potential hydrocavitation in the nozzle when retracting liquid in fluctuating camera. In order to reduce energy costs for hydraulic Oprah invited to apply axial symmetric nozzle with a linear velocity distribution. An engineering design technique forms the inner surface of the nozzle axial symmetric with the development of technology for their manufacture have been presented in the article.

Keywords: vibrating equipment, oil-keeping hole, nozzle shape.

Вступ

Одним з вискоефективних та технологічно не складних способів рішення завдання покращення мастилоємкості поверхонь є формування системи мастильних канавок. У роботах Е. Фальца, Ф.Н. Авдоськіна, С. Радчика та інших пропонуються різні варіанти формування маслоутримуючого профілю. Основою розробки ефективних рекомендацій з параметрів і характеристик профілю канавок є дослідження механіки руху мастила по поверхні. Окремі аспекти цього завдання розглядалися в дослідженнях Е.Л. Аєро, І.В. Вініченка, А.В. Радіоненка й ін.

З аналізу виконаних досліджень з'ясовано, що основна причина значного зносу вузлів тертя є погані умови або невчасне змащування поверхонь та перехід на сухе тертя. Запропоновано технологічне вібраційне обладнання для нанесення маслоутримуючих лунок на поверхні шийки вала з урахуванням вже існуючих маслоутримуючих канавок на поверхні підшипника, які у сукупності дають можливість утримання режиму гідродинамічного змащення або змішаного змащування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Для поліпшення умов змащування одним з напрямків було створення певного мікрорельєфу на поверхнях ковзання, а саме на внутрішній поверхні підшипника. Позитивні результати цього аспекту були отримані в дослідженнях Кузменко А.Г., Дихи О.В. Бабака О.П.

Для підвищення довговічності деталей машин при терті і зношуванні на їх поверхню додатково наносять різні маслоутримувальні мікро- і макрорельєфи. Чим надійніше утримується мастильний матеріал між контактуючими деталями, тим менше вони зношуються. Профіль поверхні відіграє тут головну роль. Створені при обробленні канавки на поверхні виконують функцію резервуарів для утримання і розподілу масла. За допомогою теоретичних досліджень, лабораторних і експлуатаційних випробувань визначається який тип, форма і глибина профілю яка є найприйнятнішими.

Питання, пов'язані із створенням регулярних рельєфів, детально вивчені в роботах Ю.Г. Шнейдера [1], Л.Г. Одінцева [2] та інших авторів. Отримані при цьому канавки виконують функцію змащувальних кишень, що сприяють утриманню і розподілу масла в зоні тертя і, у такий спосіб, підвищенню зносостійкості сполучення в цілому. Маслоутримувальні канавки, як правило, змінюють геометрію поверхні матеріалів і, відповідно, несучу площу контакту при взаємодії з іншими поверхнями. Форма і розміри канавок визначаються технологією їх отримання. Для опису розподілу матеріалу в поверхневому шарі за наявності спеціальних рельєфів частіше за все застосовують стандартні параметри шорсткості і параметри опорних кривих профілю. У багатьох випадках глибина нанесених маслоутримувальних канавок значно перевершує висоту початкової шорсткості. В результаті геометрія маслоутримувального профілю може бути визначальною в процесі формування реального контакту. Для нанесення маслоутримувальних канавок на внутрішній поверхні застосовують спеціальні пристрої на універсальних верстатах методом вдавлення робочого тіла або для нанесення маслоутримувальних канавок на зовнішній поверхні вала і для цього використовують вібраційні пристрої ударної дії при обкочуванні поверхні шийки вала на токарному верстаті.

Мета роботи

Метою даної роботи є встановлення співвідношення конструктивних параметрів основних деталей вібраційного обладнання для дискретного нанесення маслоутримуючих лунок та створення інженерної методики проектування форми внутрішньої поверхні осесиметричних насадків із рекомендацією розроблення технології їх виготовлення.

Виклад основного матеріалу

Нанесення маслоутримуючих лунок на шийках валів пропонується за допомогою вібраційного обладнання, яке працює за імпульсно-струменевим дискретним ефектом.

Запропоноване обладнання відноситься до технології нанесення маслоутримуючих лунок на поверхнях ковзання для зменшення сили тертя і зменшення зношування поверхонь тертя та може бути використана у легкій промисловості та інших галузях машинобудівного комплексу.

Відомі конструкції обладнання для гідродробозміцнюючого оброблення поверхонь дробом або металевими кульками [3], які містять: ванну, сопло, насосну станцію, розподільчу сітку, дріб який за допомогою постійного струменя рідини вдаряється по поверхні яка оброблюється.

Недоліком таких конструкцій обладнання є постійна подача дробу, що призводить до співударів між робочими тілами та зниженню сили удару дробу по поверхні.

Відома також установка [4], яка містить ванну, сопло, розподільчу сітку, вібропривод, який дозволяє подавати порціями рідину та металеві кульки до поверхні яка оброблюється.

Недоліком такого устаткування є невисока сила удару кульок за невисокої частоти коливань приводу, а підвищення сили удару відповідно веде до збільшення глибини лунки, що є актуальною для твердих матеріалів та підвищення продуктивності процесу і залежить від збільшення швидкості струменю. Збільшення частоти коливань приводу веде до збільшення швидкості рідини у насадку при втягуванні рідини крізь насадок і веде до збільшення розмірів газових пухирців в імпульсній камері та появи кавітаційних газових пухирців, що у свою чергу зменшують об'єм рідини, яка втягується у камеру, та поява їх відіграє роль демпфера (рис. 1).

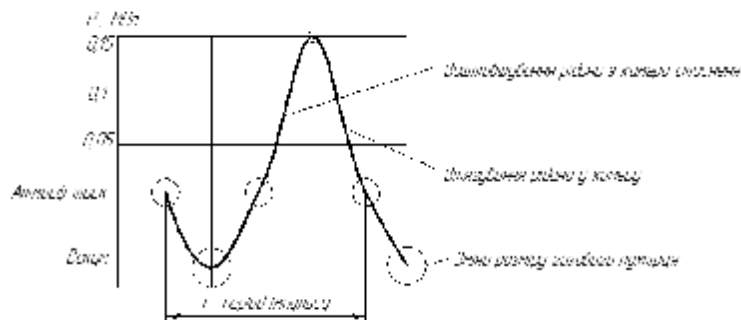


Рис. 1. Схема виникнення газового демпфера в імпульсній камері устаткування для нанесення лунок

Запропоновано вібраційне обладнання [5] для нанесення маслоутримуючих лунок на шийках валів яке складається з ванни яка встановлена на камеру, мембрана якої з'єднана з вібраційним приводом. У ванні розміщено насадок із соплом, відокремлюючу сітку. На корпусі обладнання з метою обертання виробу встановлено опорні та обертаючі ролики з приводом.

Особливістю конструкції вібраційного обладнання (рис. 2) є застосування зворотного клапана який з'єднує ванну з порожниною камери та з каналом насадка, а його прохідний діаметр виконано згідно залежності:

$$D_k = (0,5 - 0,8)d_n, \quad (1)$$

де D_k – прохідний діаметр зворотного клапана;

d_n – внутрішній діаметр насадка на виході.

Таким чином, при русі мембрани униз відкривається клапан і необхідна порція рідини втягується крізь насадок та клапан з меншою швидкістю без виникнення кавітаційних газових пухирців. Завдяки їх відсутності не виникає демпфуючий ефект при русі мембрани уверх в момент викиду рідини крізь насадок, а також збільшується об'єм рідини, який викидається крізь насадок, на величину об'єму газових пухирців, що призводить до збільшення швидкості рідини у насадку і відповідно збільшується сила удару кульки. Застосування зворотного клапана також дозволяє підвищити частоту коливань приводу.

Конструкція вібраційного обладнання для нанесення маслоутримуючих лунок на шийках валів показана на рис. 3. Вона складається із з рами 1, на якій закріплено вібратор 2, з'єднаний з приводом 3. Камера 4 утворює з мембраною 5 пульсатор з насадком 6, На насадок 6 встановлена сітка 7 за допомогою

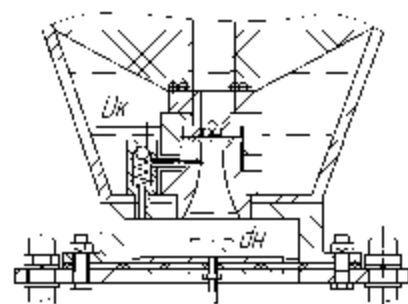


Рис. 2. Вузел вібраційного обладнання для утворення пульсуючого струменю рідини

гайки 8, та сопло 9, на якому розташована трубка 10 з отворами. На трубці 10 встановлено кільце 11 із роздільною сіткою 12. На камері 4, за допомогою насадка 5, закріплена ванна 13 і закрита кришкою 14. Через гумове кільце 15 оброблюваний виріб 16 вводиться у ванну 13. У соплі 9 на сітці 7 знаходяться металеві кульки 17.

Ванна 13 залита рідиною 18. На плиті 19 встановлено стійки 20 з опорними роликами 21 та стійки 22 з мотор-редуктором 23 та приводним роликом 24. На камері 4 у ванні 13 встановлено зворотний клапан 25 який каналами з'єднує ванну з порожниною камери 4 та з каналом насадка 6.

Вібраційне обладнання працює наступним чином: на розподільну сітку 12 засипаються металеві кульки 17. У ванну 13 заливається робоча рідина. В отвір з гумовим кільцем 15 встановлюється оброблюваний виріб 16. Вмикання приводу 3 приводить вібратор 2 до дії та спричиняє зворотно-поступний рух мембрани 5. При ході мембрани 5 вниз рідина засмоктується у камеру 4 крізь сітку 7 та канал насадка 6 і крізь отвір клапана 25. Металеві кульки 17 потрапляють у сопло 9 крізь отвори у трубці 10. При ході мембрани уверх виникає надлишковий тиск рідини, що утворює струмінь рідини, завдяки якому металеві кульки 17 виштовхуються крізь трубку 10 на виріб 16. При подальшій роботі вібратора 2 цикл повторюється і таким чином здійснюється поверхневе утворення лунок на виріб 16. Завдяки обертанню виробу в опорних 21 та приводному 24 роликах відбувається утворення маслоутримуючих лунок по всій поверхні шийки виробу. Частота обертання виробу залежить від частоти коливання проводу з умови відстані між лунками до 2 мм, та знаходиться із залежності:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{p \cdot D}, \quad (2)$$

де V – лінійна швидкість поверхні виробу м/хв. (від 1,2 м/хв до 2 м/хв);

D – діаметр шийки виробу мм.

Запропонована конструкція вібраційного обладнання для нанесення маслоутримуючих лунок на шийках валів дає можливість підвищити силу удару металевих кульок та підняти продуктивність операції нанесення маслоутримуючого профілю за рахунок збільшення частоти коливань приводу.

При проектуванні вібраційної гідродробоструминної техніки необхідно максимально використовувати потужність приводу. З аналізу продуктивності процесу нанесення лунок з'ясовано, що необхідно мати для обладнання максимальну швидкість пульсуючого струменя при оптимальній частоті коливання мембрани. Це досягається певним співвідношенням конструктивних параметрів та підбором режимів роботи приводу. Також зменшення витрат енергії на місцеві опори сприяє підвищенню сили тиску струменя та також зростанню коефіцієнта корисної дії обладнання.

Важливу увагу при проектуванні устаткування слід приділяти вибору ефективної форми внутрішньої поверхні насадка, від чого значно залежить продуктивність устаткування, зменшуються енерговитрати на подолання гідравлічних опорів. Чим менший гідравлічний опір насадка, тим більший коефіцієнт корисної дії обладнання (рис. 2).

Існує досить багато різноманітних форм насадків [6]. Розглянемо окремі з них із характерно різною конфігурацією внутрішньої поверхні. Циліндричний насадок по внутрішній поверхні являє собою прямолінійну трубку, збільшує напір рідини, разом із тим дає значне зменшення швидкості витікання. Пояснюється це тим, що в місці стиснутого перетину струменя утворюється кільцевий «мертвий» простір, заповнений рідиною, яка знаходиться у вихороподібному коловому русі. Наявність останнього в поєднанні з явищами стиску і наступного розширення по довжині трубки є основною причиною збільшення втрат на напір, отже й, зменшення швидкості витікання. У конічному звуженому насадку, який має вигляд осесиметричної, конічної трубки, звуженої в кінці, втрати напору виявляються меншими, ніж в циліндричному насадку, водночас при більших вихідних швидкостях, разом із тим, характеризується меншими в порівнянні з циліндричними насадками витратами рідини. В конічному розширеному насадку, що являє собою осесиметричну, конічну трубку, розширену наприкінці, швидкість у вихідному перетині є значно меншою, ніж у всіх попередніх випадках. Причиною цього є великі втрати напору при різкому стиску й розширенні струменя в самому насадку. Витрата рідини в такому насадку, навпаки, різко

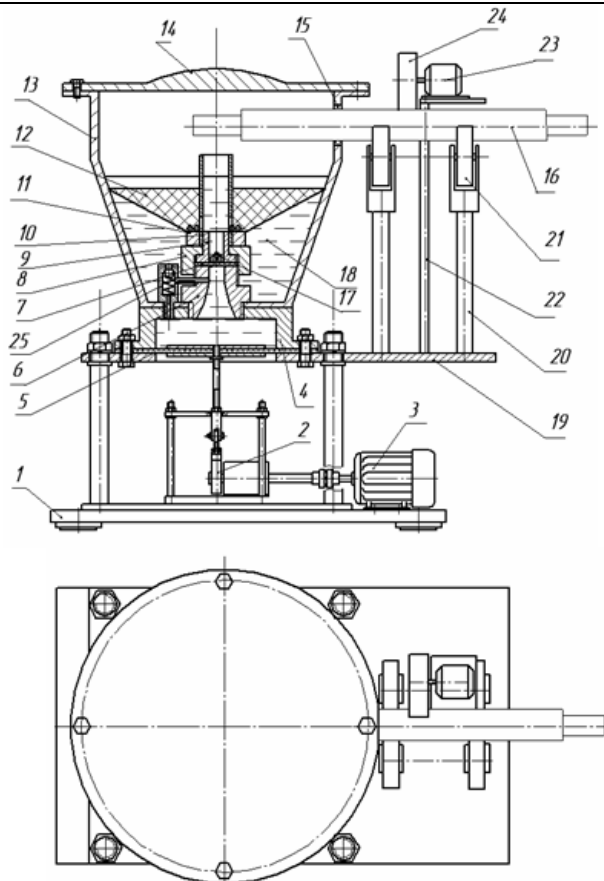


Рис. 3. Загальний вигляд вібраційного обладнання для нанесення маслоутримуючих лунок

збільшується. Коноїдальні насадки мають форму, наближену до форми струменя рідини, що витікає крізь отвір у тонкій стінці, тому вони дають найбільші вихідні швидкості й витрати, однак порівняно рідко застосовуються на практиці у зв'язку із складністю їх виготовлення.

Проаналізувавши вищевикладене, зазначимо, що найефективнішу форму внутрішньої поверхні насадка, що відповідає вимогам до устаткування кулькоструминного нанесення лунок, мають коноїдальні насадки, однак їх практичне застосування обмежене через складнощі розрахунку їх внутрішньої форми. Крім того, слід звернути увагу на те, що осесиметричні насадки є найпростішим і загальним різновидом коноїдальних насадків.

Пропонується провести аналітичні дослідження для створення інженерної методики проектування форми внутрішньої поверхні осесиметричних насадків і розроблення рекомендацій до технології їх виготовлення.

Більш простий і зручний, із точки зору інженерних розрахунків, метод полягає у розв'язку задачі, яка складається із визначення форми поверхні осесиметричного насадка за заданим розподілом швидкості руху рідини уздовж поверхні насадка без урахування пристінкового ефекту. Результати рішення цієї задачі представляє практичний інтерес тому, що дозволяє знайти геометричну форму насадка, яка забезпечує формування потоку із заданими гідродинамічними параметрами, що дає збереження енергії переданої від вібраційного приводу. Розглянемо приклад використання такого розв'язку [7]. Приймаємо на осі каналу заданий лінійний розподіл швидкостей за залежністю:

$$u_x(0, x) = f_0(x) = a_0 + a_1 x, \quad (3)$$

де a_0 і a_1 – постійні; $a_0 = 0,5 \text{ К} 0,55$, $a_1 = 0,85 \text{ К} 0,9$ [7].

Тоді:

$$u_r = \frac{i}{\pi} \int_0^p [a_0 + a_1(x + ir \cos \omega)] \cos \omega d\omega = -\frac{a_1 r}{\pi} \int_0^p \cos^2 \omega d\omega = -a_1 r;$$

$$u_x = \frac{1}{\pi} \int_0^p [a_0 + a_1(x + ir \cos \omega)] d\omega = a_0 + a_1 x;$$

$$\psi = \frac{1}{\pi} \int_0^r r dr \int_0^p [a_0 + a_1(x + ir \cos \omega)] d\omega = \frac{1}{\pi} \int_0^r (a_0 + a_1 x) \pi r dr = (a_0 + a_1 x) \frac{r^2}{2}.$$

Якщо вважати, що $\psi = C = \text{const}$, тоді отримаємо рівняння сімейства поверхонь струменя:

$$r = \sqrt{\frac{2C}{a_0 + a_1 \cdot x}}. \quad (4)$$

Неважко впевнитися, що у даному випадку поверхні струменя, будь які з котрих можна прийняти за тверду стінку, являють собою поверхні обертання. Якщо позначити через r_0 значення r при $x = 0$, то останній вираз можна записати у вигляді:

$$\frac{r}{r_0} = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{A \cdot x}{r_0}}}, \quad (5)$$

де $A = \left(\frac{a_0}{a_1} \right) r_0$.

Тоді отримаємо залежність зміни радіуса осесиметричного каналу насадка від постійних, які задають характеристику розподілу швидкостей:

$$r = \frac{r_0}{\sqrt{1 + \frac{a_0 \cdot x}{a_1}}}. \quad (6)$$

Дане рівняння описує в безрозмірній формі сімейство поверхонь обертання. Необхідно мати на увазі, що реальні течії в осесиметричних каналах, які побудовані за викладеним методом, в насправді будуть відрізнятися від розрахункових унаслідок утворення приграничного шару на стінках, але для використання цього методу для інженерного розв'язку задачі по вибору форми внутрішньої поверхні насадків можна обмежитися без додаткового розрахунку приграничного шару.

Підставляючи у вираз (6) значення радіуса r_0 , які встановлені експериментально для даного устаткування і залежать від його потужності, значення відстані по осі x для досягнення необхідних величин кінцевого радіуса, та відношення $\left(\frac{a_0}{a_1} \right)$ вибране з рекомендованих значень, розрахуємо за допомогою

програми “MathCAD” сімейство твірних поверхонь обертання (див. рис. 4).

Таким чином, задаючись необхідним значенням кінцевого радіуса каналу r , який визначається експериментально, отримаємо форму твірної внутрішньої поверхні осесиметричного насадка та його довжину. Необхідно зазначити, що чистота оброблення внутрішньої поверхні насадка повинна бути не менше шорсткості Ra 1,25, для зменшення висоти приграничного шару рідини та сил тертя по внутрішній поверхні насадка.

В наш час розвитку електронно-обчислювальної техніки з'явилась можливість за допомогою верстатів з ЧПК виготовляти з високою точністю деталі та інструменти зі складним криволінійним профілем. Це в кінцевому результаті дає можливість створювати фасонний інструмент необхідного профілю для виготовлення потрібної форми внутрішньої поверхні насадків та забезпечення необхідної шорсткості внутрішньої поверхні.

Застосувавши розраховані точки для побудови кривих (рис. 4) як опорні та скориставшись пакетом прикладних програм «Компас ЧПК» можливо створювати керуючу програму для виготовлення на верстаті з ЧПК профілю спеціальної розгортки. Маючи спеціальний інструмент для викінчувального оброблення отвору, неважко виготовити осесиметричний канал у насадку за наступною технологією: свердлування циліндричного отвору, зенкування конічного отвору, чорнове точіння по програмі на верстаті з ЧПК, чистове точіння та розгортання осесиметричного отвору для досягнення необхідної чистоти поверхні.

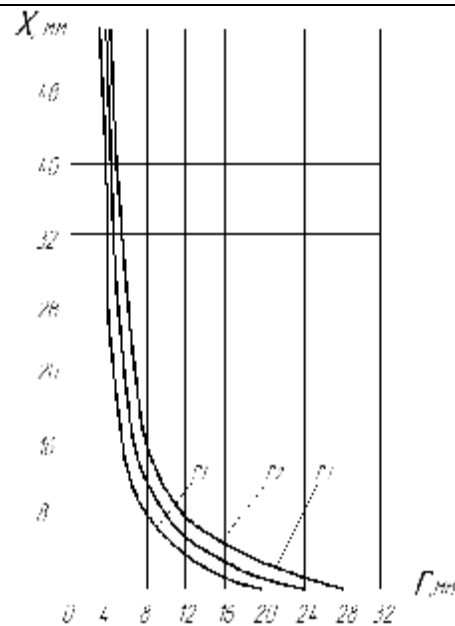


Рис. 4. Твірні осесиметричного каналу насадка, побудованого за лінійним розподіленням швидкості на його осі від початкового радіуса $r_0 = f(r_1, r_2, r_3)$

Висновки

1. Запропоновано конструкцію вібраційного обладнання для дискретного нанесення маслоутримуючих лунок на шийках валів із застосуванням зворотного клапана, який з'єднує робочу ємкість із камерою стиснення рідини, що дозволяє підвищити швидкість струменя та максимального використання потужності вібраційного приводу.

2. Запропонована методика розрахунку форми внутрішньої поверхні осесиметричних насадків яка застосована у створенні технології виготовлення осесиметричного насадка для вібраційного обладнання дискретного нанесення маслоутримуючих лунок.

Література

- Шнейдер Ю.Г. Эксплуатационные свойства деталей с регулярным микрорельефом / Ю.Г. Шнейдер. – Л. : Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1982. – 248 с.
- Одинцов Л.Г. Финишная обработка деталей алмазным выглаживанием и вибровыглаживанием / Л.Г. Одинцов. – М. : Машиностроение, 1981. – 160 с.
- Петросов В.В. Гидродробеструйное упрочнение деталей машин и инструмента / В.В. Петросов. – М. : Машиностроение, 1977. – 166 с.
- Пат. на корисну модель 38450 Україна, МПК В24С1/10. Пристрій для гідродробоструменевго зміцнення виробів / Р.І. Сілін, А.І. Гордєєв, О.Б. Лаврентьєв (Україна); заявник і патентовласник Технологічний ун-т Поділля. – u2000036322; заяв. 18.11.2000; опубл. 15.04.2001, Бюл. № 4. – 3 с.
- Гордєєв О.А. Технологія та вібраційне обладнання для нанесення маслоутримуючих лунок на поверхні ковзання / О.А. Гордєєв, А.К. Кармаліта // Materiali VIII miedzynarodowej naucowi-practicznej konferencji «NAUKA I INOVACJA – 2012». Volume 21: Technicsne nauki. – Przemysl : Nauka I studia. – 2012. – С. 9–11.
- Сиов Б. Н. Истечение жидкости через насадки / Б.Н. Сиов. – М. : Машиностроение, 1968. – 139 с.
- Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа / Л.Г. Лойцянский. – [5-е изд., перераб.]. – М. : Гл. ред. физ.-мат. лит., изд-во наука, 1978. – 736 с.

References

- ChnejderYu.G. Eksploatacionnye svojstva detalej s reguljarnym mikrorelefom. Machinostroenie, Leningrad 1982. 248 p.
- Odincov L.G. Finishnaya obrabotka detalej almaznym vyglazhivaniem i vibrovylazhivaniem. Machinostroenie, Moskva 1981.
- Petrosov V.V. Hidrodrobestrujnoe uprochnenie detalej machin i insrumenta, Machinostroenie, Moskva 1977. 166 p.
- Pat. na korysnu model 38450 Ukraina, MPC B 24 C1/00. Prustrii dlja gidrodrobestrumenevogo zmitsnennia vyrobiv. R.I. Silin, A.I. Gordeev, O.A. Gordeev (Ukraine); zaiavni i patentovlasnik Chmelnutskyi nac. universitet. - № 200036322, zaiav. 18.11.2000, opubl. 15.04.2001, Biul., № 4, 3 p.
- Gordeev O.A., Karmalita A.K. Technologiua ta vibrathiyne obladnannua dlua nanesennua masloutrymuuychkh lunok na poverkhni kovzannua. Materiali VIII miedzynarodowej naucowi-practicznej konferencji «NAUKA I INOVACJA – 2012». Volume 21, Technicsne nauki, Przemysl, Nauka I studia, 2012, pp. 9–11.
- Siov B.N. Istechenie zhidkosti cherez nasadki. Machinostroenie, Moskva 1968. 139 p.
- Loitsuanskii L.G. Mekhanika zhidkosti i gaza. Nauka, Moskva 1978. 736 p.

Рецензія/Peer review : 25.3.2013 p.

Надрукована/Printed : 19.4.2013 p.