

рат на загострення, встановлення та виставлення ножів; меншим електроспоживанням; меншим зусиллям на оброблення та меншими навантаженнями на обладнання в цілому.

Встановлено, що за використання верстатів зі стругальним валом “Silent-Power” (для досліджуваних виробничих умов) забезпечується значна економія коштів, зокрема для фугувального верстата економія становить 2,30 євро/тиждень, а для рейсмусового – 3,40 євро/тиждень.

Рекомендовано для уникнення одномоментного витрачання значної суми коштів на придбання комплекту ножових пластинок на вал “Silent-Power” здійснювати придбання по одному або кількох наборів ножових пластинок рівномірно впродовж ресурсу їх експлуатації.

Обґрунтований аналіз результатів проведених досліджень дає підстави під час придбання фугувальних і рейсмусових верстатів робити свій вибір на стругальних верстатах фірми “Felder KG” із валом “Silent-Power”.

Список використаних джерел

1. *Новый* спиралевидный строгальный вал Silent-POWER® [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.felder-gruppe.ua/news.php?region=ua-ru&news_id=2283.

2. *Sielaff H.* In der Ruhe liegt die Kraft [Электронный ресурс] / H. Sielaff // BM-Test: Silent-Power-Hobelwelle von Felder. – 05/2013. – Режим доступа : http://www.felder-gruppe.ua/files/pressreports/testbericht_silentpower_bm_mai2013_web_gesperrrt.pdf.

3. *Санітарні* норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку [Електронний ресурс] : ДСН 3.3.6.037–99. – [Чинний від 1999–01–12]. – Режим доступа : <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1789>.

4. *Кірик М. Д.* Механічне оброблення деревини та деревних матеріалів : підручник / М. Д. Кірик. – Львів : Кольорове небо, 2006. – 412 с.

УДК 648.234

В.І. Михайлов, канд. техн. наук

Київський кооперативний інститут бізнесу і права, м. Київ, Україна

С.В. Михайлов, канд. техн. наук

Київський національний торговельно-економічний університет, м. Київ, Україна

ОЦІНЮВАННЯ ВПЛИВУ ГРЕБЕНІВ БАРАБАНА НА ЯКІСТЬ МАШИННОГО ПРАННЯ

В.И. Михайлов, канд. техн. наук

Киевский кооперативный институт бизнеса и права, г. Киев, Украина

С.В. Михайлов, канд. техн. наук

Киевский национальный торгово-экономический университет, г. Киев, Украина

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ГРЕБНЕЙ БАРАБАНА НА КАЧЕСТВО МАШИННОЙ СТИРКИ

Volodymyr Mykhailov, PhD in Technical Sciences

Kyiv Cooperative Institute for business and Law, Kyiv, Ukraine

Serhii Mykhailov, PhD in Technical Sciences

Kyiv National University of Trade and Economics, Kyiv, Ukraine

EVALUATION OF THE IMPACT OF THE DRUM RIDGES ON THE MACHINE WASH QUALITY

Запропоновано спосіб оцінювання конструктивних елементів барабана побутової машини на ефективність прання текстильних виробів. Характер взаємодії гребенів барабана з мийним розчином і текстильними матеріалами оцінювали методом математичного моделювання процесу прання. Проведено аналіз впливу гребенів барабана на гідродинаміку мийного розчину і текстильні матеріали в машинах з енергозберігаючими технологіями прання.

Ключові слова: прання, пральна машина, гребені барабана.

Предложен способ оценки конструктивных элементов барабана бытовой машины на эффективность стирки текстильных изделий. Характер взаимодействия гребней барабана с моющим раствором и текстильными материалами оценивали методом математического моделирования процесса стирки. Проведен анализ влияния гребней

барабана на гідродинаміку моючого розчину і текстильні матеріали в машинах з енергозберігаючими технологіями стирки.

Ключевые слова: стирка, стиральная машина, гребни барабана.

The authors offer evaluation method of the constructive elements of the washing machine drum on the efficiency of textile products laundry. Interaction nature of ridges of the drum with washing fluid and textile was evaluated by the method of mathematical modeling of laundry process. Impact of the ridges of the drum on the washing fluid hydrodynamics and textile in the washing machines with energy efficient washing technologies was analyzed.

Key words: laundry, washing machine, ridges of the drum.

Постановка проблеми. Енергозбереження побутових електричних машин і приладів є актуальною проблемою, що вирішується в багатьох країнах на державному рівні. Побутові пральні машини належать до енерговитратних приладів, оскільки процес очищення текстильних матеріалів складається з взаємопов'язаних послідовних операцій. Якість оброблення матеріалів у машинах барабанного типу зумовлена ступенем хімічного, теплового і гідромеханічного впливу на текстильні матеріали.

Гідромеханічна складова процесу прання визначається конструктивним виконанням гребенів барабана, форма і кількість яких, поряд з іншим, є об'єктом удосконалення пральних машин.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Підвищують якість машинного оброблення текстильних матеріалів різними способами, у тому числі зміною гідросистеми пральних машин, конструкції барабана і схеми його реверсування [1–3]. Аналіз патентної інформації та асортименту пральних машин свідчить про різні підходи винахідників і виробників до конструктивного виконання гребенів барабана та його бічної поверхні. Ці та інші конструктивні рішення мають різну науково-методологічну основу.

У роботі [4] зроблено висновок про можливе поліпшення якості прання за рахунок збільшення кількості гребенів барабана. Даних про вплив гребенів на фізико-механічні характеристики текстильних матеріалів не наведено, проте можна припустити, що між цими параметрами існує певна залежність.

Про переважне призначення гребенів барабана пральної машини як інтенсифікаторів механічного впливу барабана на текстильні матеріали наведено в роботі [5]. У роботі [6] зазначено, що ефективність прання залежить від геометричних характеристик і кількості гребенів лише у визначених межах. Збільшення їх кількості понад три лише незначно підвищує величину вихідного параметра машин.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Аналіз літературних джерел свідчить про відсутність єдиної методології щодо оцінювання впливу конструктивних елементів барабана пральної машини на якість оброблення текстильних виробів. Спектрофотометричний (стандартний) метод дає змогу оцінити ефективність роботи пральної машини в цілому, проте виокремити вплив гідромеханічного чи іншого чинника прання неможливо.

Перехід до низькомодульних технологій прання спричинив зміну пріоритетів щодо визначальних чинників якості оброблення текстильних матеріалів. На наш погляд, показники функціональності та безпечності (ефективність полоскання) пральних машин передусім визначатимуться ступенем заповнення барабана і величиною водного модуля. За умови максимального заповнення об'єму барабана роль гребенів, як ініціатора процесу прання, зростає. Перемішування текстильних виробів сприяє проникненню гідропотоків мийного розчину у структуру матеріалів, їх очищенню від часточок забруднювачів. Звідси випливає, що характер масообмінних процесів у системі «пральний бак – барабан» визначатиметься не лише конструкцією гребенів, а й параметрами отворів перфорації бічної поверхні барабана. Характер взаємодії бічної поверхні барабана з його гребенями та вплив цих елементів на масообмінні процеси в опублікованих раніше роботах не розглядався.

Теоретичний аналіз та опис машинного способу оброблення текстильних матеріалів ускладнюється нестационарністю руху окремих гідропотоків, які рухаються у відцент-

ровому напрямку, та їх спонтанним накладанням на основний потік, що рухається в доцентровому напрямку. Тому припускали, що масообмінні процеси мають стаціонарний характер.

Мета статті. Оцінювання ступеня впливу гребенів барабана пральної машини на масообмінні процеси в системі «пральний бак – барабан».

Виклад основного матеріалу. Систему «пральний бак – барабан» можна порівняти з двома циліндрами, розміщеними один в одному. Нижня частина одного з цих циліндрів заповнена рідиною, а іншого – занурена у цю рідину. Збурення (активація) рідини здійснюється внутрішнім циліндром, що обертається. Швидкість рухомих потоків рідини збільшуватиметься зі зростанням колової швидкості барабана. Зовнішній циліндр (пральний бак) і гравітаційне тяжіння обмежують рух цих потоків і, можливо, змінюють характер течії основного потоку так, як це наведено в роботі [7]. Гребені барабана (лопатки), рухаючись по колу, перемішують мийний розчин, окремі турбулентні гідропотоки якого накладаються на основний потік, посилюючи тим самим ступінь активації робочої рідини. З цього випливає, що ступінь активації мийного розчину визначатиметься кількістю і геометричними розмірами гребенів, а також коловою швидкістю барабана.

Зовні гребінь являє собою ділянку поверхні барабана, вигнуту під деяким кутом у напрямку осі його обертання так, що стосовно внутрішньої поверхні бака вона утворює місткість, яка заповнюється мийним розчином, що знаходиться у нижній частині бака (рис.).

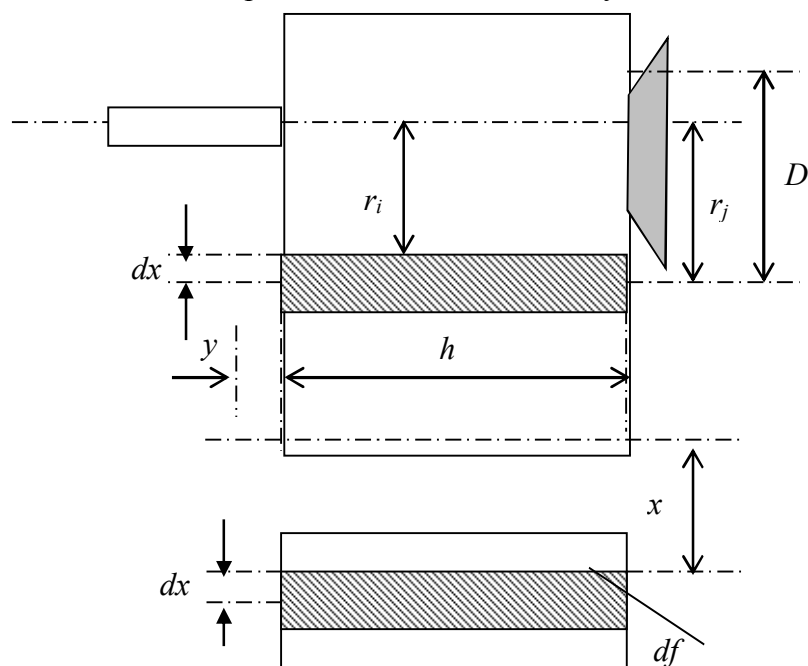


Рис. Ділянка зовнішньої поверхні гребеня барабана

Кожна з елементарних ділянок зовнішньої поверхні гребеня (df) віддалена від осі барабана в радіальному напрямку так, що при його обертанні вони утворюють кола з різними радіусами. Матеріальні точки, розміщені на цих колах, будуть мати, відповідно, різні швидкості, внаслідок чого витрати енергії, необхідної для приведення рідини в рух, для кожної ділянки також будуть різними. Таким чином, елементарна ділянка є площиною, робота якої полягає у переміщенні рідини в напрямку її руху, тобто вона аналогічна лопатовій мішалці, яка обертається навколо осі з постійною коловою швидкістю.

Розміри елементарної ділянки визначаються її площею, тобто

$$df = dxh,$$

де h – висота ділянки гребеня.

Кінетична енергія ($W_{\text{кін}}$), яку можна визначити як роботу елементарної ділянки за одиницю часу, необхідну для зрушення елементарного об'єму рідини (dv), дорівнює:

$$dW_{\text{кін}} = \frac{1}{2} \theta \bar{\omega}^2, \quad (1)$$

де θ – момент інерції ($\theta = \frac{dvp}{g}$), звідки $dv = \omega \rho df$;

$\bar{\omega}$ – кутова швидкість.

Отже, вираз (1) можна записати у такому вигляді:

$$dW_{\text{кін}} = \frac{\phi \rho df \omega^2}{2g}. \quad (2)$$

Оскільки кутова швидкість $\bar{\omega} = d\beta/dt = 2\pi nx$, де n – частота обертання барабана, то, підставляючи значення $\bar{\omega}$ та df у вираз (2), його можна записати як:

$$dW_{\text{кін}} = 3,87 \phi \rho h n^3 z r^4. \quad (3)$$

Оскільки x змінюється від r_i до r_j , у результаті інтегрування виразу (3) у межах від $x = r_j$ до $x = r_i$ отримаємо рівняння роботи гребеня [8]:

$$dW_{\text{кін}} = 3,87 \phi \rho h n^3 z (r_j - r_i), \quad (4)$$

де r – радіус;

z – кількість гребенів барабана.

Відомо, що значення опору (F), яке чинить рідина ділянці (df), розраховується згідно із законом Ньютона і залежить від її площі (S) і швидкості ($\bar{\omega}$), з якою вона рухається:

$$F = \xi S \frac{\bar{\omega}^2}{2g},$$

де ξ – коефіцієнт опору середовища, який залежить від площі ділянки гребеня. Його можна визначити через функцію критерію Рейнольдса (Re), тобто:

$$\xi = f(Re) = f\left(\frac{nD^2 \rho}{\eta}\right), \quad (5)$$

де D^2 – діаметр кола, яке описує ділянка гребеня;

n – частота обертання гребеня;

ρ – густина рідини;

η – коефіцієнт динамічної в'язкості розчину.

Визначити коефіцієнт (ξ) можна, розрахувавши елементарну роботу (dN), яку виконує ділянка на подолання опору середовища:

$$dN = dF \bar{\omega}^2,$$

звідки df , згідно із законом Ньютона, буде дорівнювати $dF = \xi df$.

Якщо підставити значення $df = h dx$ і $\bar{\omega} = 2\pi nx$ у наведений вираз, то його можна записати у вигляді:

$$dN = \xi \frac{(2\pi)^3 \rho n^3}{2g} h x^3 dx. \quad (6)$$

Після інтегрування виразу (6) у межах значень $x = r_j$ до $x = r_i$ він набуває вигляду:

$$dN = \xi \frac{(2\pi)^3 \rho n^3}{2g} h \frac{r^4}{4}, \quad \text{звідки } r^4 = (r_j^4 - r_i^4), \quad (7)$$

послідовне перетворення якого дає змогу записати рівняння сили опору рідини:

$$N = \xi K \rho n^3 r^5, \text{ у якому } K \text{ є безрозмірною величиною,}$$

$$\xi = \frac{N}{n^3 K \rho d^5}, \quad (8)$$

$$d = 2r.$$

Перепишемо ліву частину виразу (5), яка пов'язує коефіцієнт ξ з критерієм Re:

$$\frac{N}{K d^5 n^3 \rho} = f\left(\frac{\pi D^2 \rho}{\eta}\right). \quad (9)$$

Одержана залежність (9) за умови, що $f = A$ може мати такий вигляд:

$$\frac{N}{d^5 n^3 \eta} = A \left(\frac{\pi D^2 \rho}{\eta}\right)^{m+1}, \quad (10)$$

звідки $m+1$ є постійною величиною, яка залежить від характеру поверхонь і може мати значення в межах $0 \leq m+1 \leq 1$. Для конструкції, аналогічній наведеній, її значення дорівнює 0,78 [8].

Таким чином, роботу, яку виконує елементарна ділянка гребеня барабана, можна розрахувати за формулою:

$$\frac{N}{d^3 n^2 \eta} = A \left(\frac{\pi D^2 \rho}{\eta}\right)^{0,78}, \quad \text{звідки} \quad N = A d^{4,56} n^{2,78} \eta^{0,22} \rho^{0,78}. \quad (11)$$

Якщо у виразі (11) не брати до уваги параметри густини (ρ) і в'язкості (η), які характеризують властивості рідини, то енергетичні витрати, пов'язані з переміщенням рідини гребенем або її активація, залежатимуть переважно від геометричних характеристик складових елементів барабана. З цього випливає, що активність мийного розчину в системі «пральний бак – барабан» повинна зростати зі збільшенням кількості гребенів. Проте, зважаючи на гармонійний характер роботи кожного гребеня в рідині та обтікання потоком поверхні барабана, можна зробити висновок про недостатню обґрунтованість застосування багатогребеневої конструкції барабана. Іншими словами, підвищення ступеня активації рідини за рахунок збільшення кількості гребенів на характер масообмінних процесів у системі «пральний бак – барабан» не впливатиме, оскільки гідравлічний опір його поверхні та матеріалів при цьому не буде змінюватися. Отже, гіпотезу про зміну параметричних характеристик гребенів барабана як одного з чинників поліпшення ефективності прання [9] можна відхилити. Додамо, що за результатами проведених пізніше досліджень такої залежності не встановлено [10–12]. Очевидно, що зі збільшенням кількості гребенів зростатиме енергія взаємодії текстильних матеріалів з металевими частинами барабана. За таких умов величина показника «втрата міцності зразків до розривання» може перевищувати нормоване значення.

Висновки і пропозиції. Доцільність збільшення кількості гребенів барабана теоретичними розрахунками не підтверджується: враховуючи особливості технологічного процесу оброблення текстильних виробів, встановлена кількість гребенів (три) є достатньою для активації мийного розчину, перемішування текстильних виробів і необхідною для забезпечення вимог щодо рівномірності оброблення матеріалів.

З погляду на тенденції розвитку сучасних технологій оброблення текстильних матеріалів удосконалення технічних характеристик пральних машин напрям модернізації їх гідросистем є більш перспективним, оскільки саме масообмінні процеси визначають екологічну безпеку цих приладів.

Список використаних джерел

1. *Орчинский С. В.* Влияние геометрии гребней барабана стирально-отжимной машины на ее функциональные и эксплуатационные показатели / С. В. Орчинский, А. М. Усольцев, И. И. Исаенко // Производственно-технический опыт. – М. : ЦНТИ «Поиск», 1989. – № 8. – С. 99–101.
2. *Усольцев А. М.* Моделирование формы поверхностей гребней барабана стиральной машины для обеспечения задаваемого изменения их воздействия на обрабатываемый материал / А. М. Усольцев, И. В. Петко // Вестник Херсонского гос. технич. университета: научно-техн. журнал. – Херсон : ХГТУ, 1999. – № 2. – С. 167–171.
3. *Волков В. А.* Поверхностно-активные вещества в моющих средствах и усилителях химической чистки / В. А. Волков. – М. : Легпромбытиздат, 1985. – 200 с.
4. *Методика* расчета бытовых барабанных стиральных машин / Е. А. Панфилов, А. И. Набережных, И. Ф. Заславский и др. – М. : Электротехника, 1985. – № 6. – С. 33–36.
5. *Верников А. Н.* Обработка текстильных изделий в водных растворах СМС / А. Н. Верников, В. Ф. Андросов. – М. : Легпромбытиздат, 1986. – 223 с.
6. *Анализ работы и рекомендации по повышению показателей качества бытовых стиральных машин барабанного типа* / Е. А. Панфилов, А. И. Набережных, В. Н. Малахов, Б. У. Сыздыкбаева. – М. : Мин. быт. обл. насел. РСФСР, МТИ, 1980. – 84 с.
7. *Бойко В. Ф.* Движение жидкости в тонких кольцевых щелях / В. Ф. Бойко // Напорное движение жидкости во вращающихся каналах и гидротранспорт. – М. : МИИТА, 1971. – Вып. 386. – С. 73–86.
8. *Кононюк А. Е.* Справочник конструктора оборудования пищевых производств / А. Е. Кононюк, В. А. Басанько. – К. : Техника, 1981. – 320 с.
9. *Альтшуль А. Д.* Гидродинамические сопротивления / А. Д. Альтшуль. – 2-е изд. перераб. и доп. – М. : Недра, 1982. – 224 с.
10. *Орчинский С. В.* Механическое и физико-химическое воздействие на обрабатываемые текстильные изделия как факторы, определяющие качество стирки / С. В. Орчинский, И. И. Исаенко, А. М. Усольцев // Технология. Разработка электробытовых машин : науч.-техн. сборн. КНПО «Веста». – К., 1989. – С. 63–72.
11. *Орчинский С. В.* Математическое моделирование механического фактора стирки в барабанных стиральных машинах / С. В. Орчинский, В. В. Пархоменко // Сб. науч. тр. ВНИЭКИЭМП. – К., 1988. – С. 100–109.
12. *Влияние* конструктивно-технологических факторов на функциональные показатели барабанных стиральных машин / С. В. Орчинский, П. И. Нагорный, Е. И. Похиленко, Ю. Ф. Тарасов, А. И. Разинков // Разработка электробытовых машин. – К. : ЦНТИ «Поиск», 1989. – С. 72–82.