

УДК 685.34.05

DOI 10.36910/10.36910/6775-2313-5352-2024-24-07

**Кармаліта А.К., Пундик С.І.**

Хмельницький національний університет, м. Хмельницький, Україна

## **ВЗАЄМОДІЯ СТРУМЕНІВ ПОВІТРЯ З ПОВЕРХНЕЮ ПЛОСКОЇ ДЕТАЛІ В ПРОЦЕСІ ОРГАНІЗАЦІЇ СЕРЕДОВИЩА ДЛЯ РОБОТИ ПРОМИСЛОВИХ РОБОТІВ**

*У статті визначено, що для успішного застосування промислових роботів в технологічних процесах легкої промисловості необхідно створити технічні системи для контролю положення об'єктів роботизації та їх правильної орієнтації. Визначено, що на відміну від приладобудівної, машинобудівної та деяких інших галузей промисловості, де орієнтування та контроль положення в основному виконується по геометричних ознаках об'єкта, в легкій промисловості потрібно виконувати додатковий вид контролю положення – по властивостях поверхонь. Тому актуальною є задача створення пристроїв для такого контролю. В статті описано результати дослідження способу контролю по властивостях поверхонь з допомогою стиснутого повітря, на який автори отримали патент на винахід. В результаті досліджень визначені сили взаємодії струменів повітря з поверхнями плоских деталей в процесі контролю їх положення. Описано результати досліджень характеристик поверхонь плоских деталей взуття, шорсткість яких є основним фактором, який впливає на процес контролю. Визначені напрямки подальших досліджень процесу контролю.*

**Ключові слова:** струмені повітря, шорсткість поверхні, сопла, тиск, сила

**Вступ.** Промислові роботи займають все більшу частку в технічному оснащенні підприємств легкої промисловості. Більша частина з них це не адаптивні програмні роботи, які працюють по жорсткій програмі. Менша частина це адаптивні роботи, які мають сенсорні захвати. Якщо для програмних роботів необхідне обов'язкове впорядкування середовища об'єктів обробки то для адаптивних потрібні сенсорні захвати, які будуть розпізнавати положення тих же об'єктів. Як в першому так і в другому випадку необхідно створити технічні системи для контролю положення об'єктів роботизації так їх правильної орієнтації.

**Постановка проблеми.** На відміну від приладобудівної, машинобудівної та деяких інших галузей промисловості, де орієнтування та контроль положення в основному виконується по геометричних ознаках об'єкта, в легкій промисловості потрібно виконувати додатковий вид контролю положення – по властивостях поверхонь. Необхідність контролю положення плоских деталей взуття по асиметрії властивостей поверхонь в основному обумовлена двома причинами: 1. Наявністю різної фактури, шорсткості та ворсистості лицьової та виворітної сторін деталей. 2. Парністю деталей взуття, тобто наявністю дзеркальних лівої та правої деталей, що виключає заміну контролю за асиметрією властивостей поверхонь відомими способами контролю за геометричними ознаками. Відомі різні способи контролю положення плоских деталей взуття по властивостях поверхонь, в тому числі і механічні. Механічні способи контролю положення плоских деталей взуття по властивостях поверхонь засновані на використанні асиметрії їх фрикційних властивостей або величини нерівностей поверхонь. В окремому випадку в процесі контролю положення за допомогою пристроїв, що реалізують ці способи, можливо одночасне транспортування деталі на робочу позицію технологічного устаткування або на позицію переорієнтування [1]. Нами досліджується спосіб контролю положення плоских деталей взуття за допомогою струменів повітря, на який отримано патент на винахід [2]. І головною проблемою є вивчення процесу взаємодії струменів повітря з поверхнями деталі з метою забезпечення надійного контролю.

**Аналіз останніх досліджень.** На рис. 1 зображена схема контролю положення плоских деталей взуття по асиметрії нерівностей і ворсистості поверхонь за допомогою струменів повітря [2]. На схемі представлено дві пневматичні камери 1, встановлені на платформі 2, що мають патрубки 3 для приєднання до системи подачі стисненого повітря. У стінці кожної камери, зверненої до протилежної камери (яку далі будемо називати несучою поверхнею камери), виконані рівномірно розподілені по всій її поверхні отвори (сопла) 4, осі яких розташовані під однаковим кутом до поверхні стінки. При цьому осі отворів однієї камери паралельні осям отворів іншої камери й суми площ отворів у стінках камер рівні між собою.

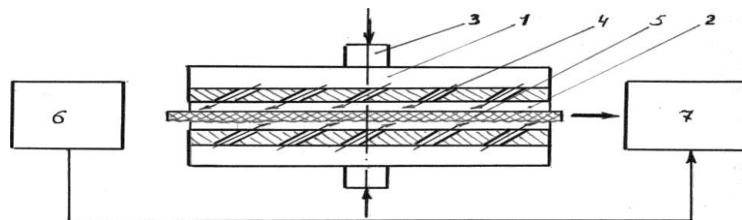


Рисунок 1 – Схема контролю положення плоских деталей взуття по асиметрії шорсткості поверхонь за допомогою струменів повітря

Усі зазначені вимоги для розташування й розмірів отворів необхідні для створення рівнозначних умов впливу струменів повітря на протилежні поверхні деталі 5.

Контроль здійснюється в такий спосіб. Підлягаюча контролю деталь 5 встановлюється своїм найменшим розміром (ребром) на платформі 2 між двома камерами 1. Стиснене повітря через патрубки 3 подається в камери й виходить звідти через отвори 4, діючи на поверхні деталі. В результаті деталь буде переміщатися в сторону дії більшої сили тиску струменів повітря і виштовхуватися на позицію обробки 6 чи переорієнтації 7.

**Виклад основного матеріалу.** Для аналізу взаємодії струменів повітря з поверхнею плоскої деталі будемо розглядати деталь як нерухоме тіло, розміщене в потоці повітря, що набігає на нього. Потік повітря характеризується швидкістю  $V$ , яка може змінюватись від точки до точки при обтіканні тіла.

Як матеріальне середовище повітря наділене певною щільністю  $\rho$ , яка характеризує масу одиниці об'єму повітря (1,25 кг на кубометр). Кожна частка рухомого повітря має кінетичну енергію, щільність якої залежить від швидкості повітря в даній точці і дорівнює

$$q = \frac{\rho V^2}{2} \quad (1)$$

Кінетична енергія є мірою тиску, який створює потік на поставлену поперек нього перешкоду. Сила, що діє на плоску деталь, утворюється за рахунок того, що вона, пригальмовуючи повітряний потік, відбирає частину цієї енергії.

Розглянемо, які сили діють на сторони плоскої деталі в потоці повітря, яке виходить із сопел камер. При цьому зробимо два припущення:

1. При зустрічі струменя повітря, яке виходить із сопел, з поверхнею деталі воно розтікається по всій поверхні у всі сторони рівномірно.

2. Повітря, яке виходить із різних сопел, розглядаємо як суцільний потік, що діє на всю поверхню деталі.

Плоска деталь, поставлена вздовж повітряного потоку (рис. 2), створює виникнення сили опору навіть за мінімального поперечного перерізу деталі.

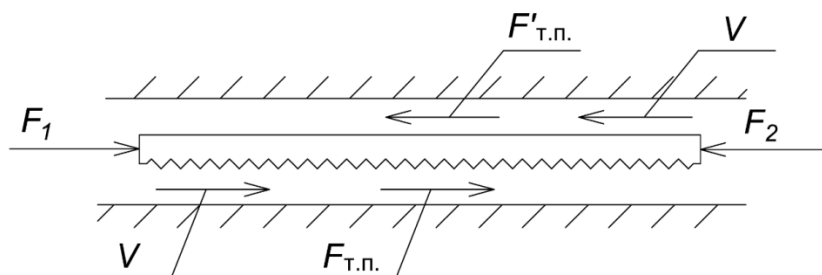


Рисунок 2 – Схема сил, які діють на плоску деталь в потоці повітря:

$F_1$  і  $F_2$  – сили переміщення деталі під дією протилежних потоків повітря;  $F_{т.п.}$  і  $F'_{т.п.}$  – сили тертя повітря об поверхні деталі;  $V$  – швидкість потоку повітря

Шар повітря, що прилягає до деталі, загальмовується через тертя об нерухому поверхню тим сильніше, чим більша площа деталі  $S$ . Кінетична енергія загальмованого струменя переходить у теплову енергію тертя, а інерція струменя передається деталі та тягне її у напрямку потоку із силою [3, 4]

$$F = CqS = \frac{c\rho V^2 S}{2} \quad (2)$$

Очевидно, результуюча сила, яка буде виштовхувати деталь з позиції контролю:

$$F = F_1 - F_2 \quad (3)$$

У формулі (2)  $C$  - так званий коефіцієнт аеродинамічної сили, який вказує, яка частка енергії потоку перетворюється на енергію, що рухає деталь. Цей коефіцієнт залежить від форми поверхні, її шорсткості і являється вичерпною характеристикою корисної роботи повітряного потоку. Таким чином, можна сказати, що дослідження зводиться до вивчення впливу різних чинників на величину  $C$ . І основним чинником є шорсткість поверхонь деталі.

Розглянемо характеристику поверхонь взуттєвих матеріалів, положення деталей з яких можна контролювати даним способом в процесі їх технологічної обробки.

У взуттєвому виробництві плоскі деталі взуття отримують з наступних матеріалів [5-7]: натуральних шкір, синтетичних матеріалів для низу взуття, текстильних матеріалів (тканин, трикотажних полотен, нетканих полотен, штучного хутра, дубльованих текстильних матеріалів), картону, м'якої штучної шкіри, колагенової синтетичної шкіри.

Лицьовий шар шкіряних матеріалів в межах однієї топографічної ділянки відрізняється від виворітного мікро і макроструктурою. Різні властивості поверхонь лицьового та виворітного шарів деталі мають усі шкіряні матеріали верху, крім замші, велюру та нубуку, більшість необроблених деталей низу, за винятком виготовлених зі шкір особливої прокатки.

Особливий інтерес становлять поверхні шкіряних матеріалів після їх обробки: шліфування, скуйовджування, тиснення, двоїння [5, 6].

На рис. 3, а показано фотографію розташування нерівностей на поверхні шкіряної деталі, на рис. 3, б – профіль поверхні.



а)

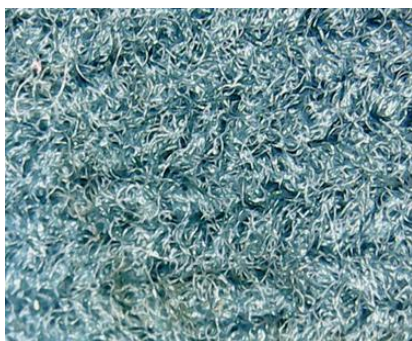


б)

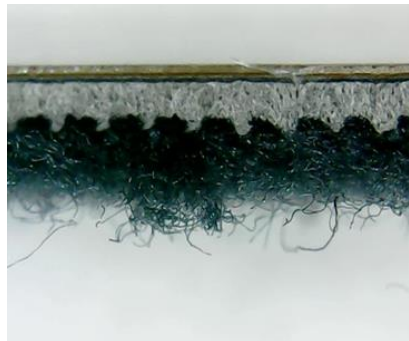
Рисунок 3 – Фотографія розташування нерівностей на поверхні з більшою шорсткістю шкіряної деталі а) та профіль поверхонь б)

Майже всі види синтетичних матеріалів для низу взуття випускаються з різним малюнком (мереєю) на ходовій та неходовій поверхні. Тільки підошви із пластшкіри та деякі види каучукових підошв мають до обробки однаковий малюнок на обох сторонах. Ці деталі набувають різних властивостей поверхонь у процесі обробки: двоїння, шліфування, промазки клеєм і т.д.

На рис.4, а показано фотографію розташування нерівностей та профілю поверхні б шкірзамінника (рис. 4, б). Як видно, розташування нерівностей та їх профіль мають складний характер.



а)



б)

Рисунок 4 – Фотографія розташування нерівностей на поверхні з більшою шорсткістю шкірзамінника а) та профіль поверхонь б)

Штучне хутро застосовується для підкладки в зимовому взутті та оздобленні. Виробляють його на тканинній, трикотажній та нетканій основах механічним та клейовим способами. Тканини хутра виробляють складним переплетенням прутковим і подвійним способами.

Штучне хутро характеризується властивостями волосяного покриву ґрунту та хутра в цілому. Висота ворсового покриву повинна бути не менше 7 мм, кут нахилу волокон від  $18^\circ$  до  $65^\circ$ , густина від 140 до 608 г/м<sup>2</sup>.

На рис. 5, а показана фотографія розташування нерівностей на стороні з більшими нерівностями та профіль поверхні штучного хутра (рис. 5, б).



Рисунок 5 – Фотографія розташування нерівностей штучного хутра а) та профілю поверхні б)

Як видно з рис. 3, 4, 5, розташування нерівностей на поверхнях та їх профіль в даних взуттєвих матеріалах мають складний характер.

Тиснення лицьової поверхні шкіряних деталей низу взуття, а також галантерейних шкір з декоративною метою також призводить до появи на ній нерівностей різного розташування та профілю.

Створення різних рифлень, малюнків та інших нерівностей виконується з різною декоративною та експлуатаційною метою. Це добре видно із розгляду окремих видів синтетичних матеріалів. Різновидом пористих гум є вулканіт, лицева поверхня якого має малюнок "букле" з декоративною метою [5, 8].

Представник шкіроподібних гум волокнит, який застосовується для підошов дитячого взуття, має спеціальний малюнок "букле", "стільники" або "морозець" з декоративною метою.

Транспарентні підошви випускають із глибоким рифленням на ходовій поверхні підошви, що збільшує коефіцієнт тертя її з поверхнею дорожнього покриття та знижує витрату каучуку.

На рис. 6 показана фотографія перпендикулярних зрізів мікропористих гумових підошов, що мають гладку неходову поверхню і рифлення на ходових поверхнях. Профіль виступів нерівностей має неправильну геометричну форму, розташування виступів на поверхні – із змінним кроком.



Рисунок 6 – Профіль гумової підошви

Особливий інтерес представляють синтетичні матеріали для деталей низу спеціального взуття, що мають нерівності правильної геометричної форми, які закономірно розміщені на поверхні.

Так жиростійкі підошви для підвищення коефіцієнта тертя по за жиреній поверхні керамічної плитки підлоги на ходовій поверхні мають глибоке рифлення з кутом нахилу малюнка рифлення  $60^\circ$  по відношенню до поздовжньої осі підошви або мають на ходовій поверхні присоски. Застосовуються для взуття, що використовується на підприємствах м'ясомолочної промисловості.

Фрикційні гумові підошви характеризуються підвищеним коефіцієнтом тертя об метал. Ця властивість досягається за рахунок пористості волокнистого наповнювача та глибокого малюнка

рифлення ходової поверхні підошви. Взуття на такій підошві використовується робітниками-будівельниками та монтажниками-верхолазами.

Гумову підошву для гірськолижних черевиків випускають у вигляді пластин із рифленою ходовою поверхнею. Непориста гума з рифленням на лицьовій поверхні "дрібне букле" має високу зносостійкість, гнучкість, легкість. Застосовується для легкоатлетичного взуття та взуття для вільної боротьби. Для кросового взуття застосовують гуму непористої структури завтовшки 3,5-4,5 мм з рифленням "калоша" або "хвиля".

**Висновок.** Отже, в результаті досліджень визначені сили взаємодії струменів повітря з поверхнями плоских деталей в процесі контролю положення плоских деталей взуття за властивостями їх поверхонь і фактори, які впливають на процес контролю. Аналіз поверхонь взуттєвих матеріалів показав, що шорсткість їх поверхонь настільки різноманітна, що визначити аналітичним способом коефіцієнт аеродинамічної сили  $C$  не можливо. Тому нами створений стенд для експериментального визначення його для різних матеріалів, які застосовуються для виробництва взуття. Результати експериментів будуть опубліковані в наступній статті.

### Інформаційні джерела

1. Кармаліта А. К., Пундик С. І., Драпак Г. М., Мельник В. І. Аналіз механічних способів контролю положення плоских деталей взуття по властивостях поверхонь. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2022. №3. С. 194-198. <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2022-309-3-194-198>.

2. Патент на корисну модель 154403 UA, МПК B65H 3/08 (2006.01) Спосіб орієнтованої подачі на обробку плоских деталей з різною шорсткістю поверхонь / Кармаліта А.К., Пундик С.І.; – № 2023 02942; заявл. 16.06.2023; опуб. 08.11.2023, Бюл. № 1. 3 с.

3. Forces on sails. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Forces\\_on\\_sails](https://en.wikipedia.org/wiki/Forces_on_sails).

4. Гидроаэродинамика парусного судна. URL: <https://sea-man.org/aerodinamika-parusa.html#hodkost-parusnogo-sudna>.

5. Коновал В. П., Гаркавенко С. С., Свістунова Л. Т. Універсальний довідник взуттєвика. К.: Лібра, 2010. 720 с.

6. Коновал В. П., Свістунова Л. Т., Олійникова В. В. Технологія взуттєвого виробництва: підручник для учнів професійно-техн. навчальних закладів. К.: Либідь, 2003. 368 с.

7. Коновал В.П., Рибальченко В.В., Хом'як М.Є., Шевченко Г.І. Натуральні та штучні матеріали для взуття. Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. – К.: КНУТД, 2005. 218с.

8. Бурмістенков О. П., Злотенко Б. М., Коновал В. П., Панасюк І. В., Скиба М. Є., Синюк О. М. Виробництво литих деталей та виробів з полімерних матеріалів у взуттєвій та шкіргалантерейній промисловості: монографія. Хмельницький, 2007. 255 с.

**Karmalita A. K., Pundyk S. I.**

Khmelnyskyi National University, Khmelnytskyi, Ukraine

### THE INTERACTION OF AIR JETS WITH THE SURFACE OF A FLAT PART IN THE PROCESS OF ORGANIZING THE ENVIRONMENT FOR INDUSTRIAL ROBOTS

*The article determines that for the successful application of industrial robots in technological processes of light industry, it is necessary to create technical systems to control the position of robotic objects and their correct orientation. It was determined that, unlike the instrument-making, machine-building and some other branches of industry, where orientation and position control is mainly performed based on the geometric features of the object, in light industry it is necessary to perform an additional type of position control - based on the properties of the surfaces. Therefore, the task of creating devices for such control is urgent. The article describes the results of research into a method of controlling surface properties using compressed air, for which the authors received a patent for the invention. As a result of research, the forces of interaction of air jets with the surfaces of flat parts in the process of controlling their position have been determined. The results of studies of the characteristics of the surfaces of flat parts of shoes, the roughness of which is the main factor affecting the control process, are described. The directions of further research of the control process are determined.*

**Key words:** air jets, surface roughness, nozzles, pressure, force.