

**БАРТКОВ МИКОЛА**

Хмельницький національний університет

<https://orcid.org/0009-0002-9206-365X>e-mail: [nikiissport@gmail.com](mailto:nikiissport@gmail.com)**КАРМАЛІТА АНАТОЛІЙ**

Хмельницький національний університет

<https://orcid.org/0000-0003-4397-2988>e-mail: [akarmalita89@gmail.com](mailto:akarmalita89@gmail.com)

## ДОСЛІДЖЕННЯ КОНТРОЛЮ ПОЛОЖЕННЯ ПЛОСКИХ ДЕТАЛЕЙ ВЗУТТЯ ЗА ВЛАСТИВОСТЯМИ ПОВЕРХОНЬ З ДОПОМОГОЮ ПРИСОСОК

У межах проведеного наукового дослідження побудовано комплексні фізична та математична моделі процесу динамічної взаємодії двох однакових, протилежно асиметрично розташованих і попередньо притиснутих до робочих поверхонь плоскої деталі вакуумних присосок безпосередньо в момент початку їх симетричного відведення. Створення даної математичної моделі дало можливість аналітично визначити граничні умови, за яких об'єкт маніпулювання гарантовано залишається зафіксованим на одній із контрольних присосок після їх розведення у протилежні сторони. Чисельні розрахунки та комп'ютерне моделювання, проведені за отриманими аналітичними формулами, дозволили встановити раціональні конструктивні параметри вакуумних захоплювачів мехатронних систем (зокрема, співвідношення внутрішнього та зовнішнього радіусів, а також площі дросельних отворів) та критичні параметри мікрогеометрії і шорсткості контактуючих поверхонь деталей, за яких деталь утримується на одній із сторін. Математично доведено, що за рахунок виникнення асиметрії сил утримання з'являється стійка можливість реалізації процесу надійного адаптивного контролю просторового положення та орієнтації плоских деталей легкої промисловості за фізико-механічними властивостями їхніх поверхонь. Експериментальним шляхом визначено та систематизовано значення геометричних параметрів умовних мікроазорів для усього спектра досліджуваних матеріалів (включаючи натуральну шкіру низу та верху взуття, штучне хутро і пористу гуму), які зведено в узагальнену таблицю. На основі цих даних розраховано диференціальну різницю теоретичних зусиль присмоктування на лівому та правому фланцях присосок у момент початку їх розведення. Проведений детальний аналіз графіків функціональної залежності різниці корисних зусиль присмоктування від внутрішнього радіуса присоски, лінійного розміру її активної ущільнювальної поверхні та інтегральних характеристик шорсткості поверхонь деталей дозволив чітко виявити зони оптимальних параметрів, у межах яких технологічний процес автоматизованого контролю орієнтації є найбільш ефективним.

**Ключові слова:** плоскі деталі, контроль положення, шорсткість поверхонь, присоски, вакуум.

**BARTKOV MYKOŁA, KARMALITA ANATOLIY**

Khmelnitskyi National University

## RESEARCH OF THE POSITION CONTROL OF FLAT SHOE PARTS BY SURFACE PROPERTIES USING SUCTION CUPS

Within the scope of the conducted scientific research, comprehensive physical and mathematical models have been developed to describe the dynamic interaction process of two identical, oppositely and asymmetrically positioned vacuum suction cups, which are pre-pressed against the working surfaces of a flat part at the initial moment of their symmetrical separation. The creation of this mathematical model enabled the analytical determination of the boundary gas-dynamic conditions under which the manipulation object remains guaranteed to be secured to one of the control suction cups after they are drawn apart in opposite directions. Numerical calculations and computer simulations performed using the derived analytical formulas made it possible to establish the rational design parameters of mechatronic vacuum gripping systems (specifically, the ratio of the inner to outer radii, as well as the areas of the throttle orifices) and the critical parameters of surface microgeometry and roughness of the contacting parts under which the part is retained on one of the sides. It is mathematically proven that due to the emergence of the holding force asymmetry, a stable feasibility arises for implementing a reliable adaptive position and orientation control process for flat light industry parts based on the physical and mechanical properties of their surfaces. The geometric parameters of the conditional micro-gaps for the entire spectrum of the investigated materials (including natural shoe bottom and upper leather, artificial fur, and porous rubber) have been experimentally determined, systematized, and structured into a generalized table. Based on these data, the differential suction force on the left and right flanges of the suction cups at the initial moment of their separation has been calculated. A detailed analysis of the functional dependency graphs—illustrating the differential useful suction force as a function of the inner suction cup radius, the linear size of its active sealing surface, and the integral roughness characteristics of the part surfaces—allowed for the clear identification of optimal parameter zones within which the automated orientation control technological process is highly efficient.

**Keywords:** flat parts, position control, surface roughness, suction cups, vacuum.

Стаття надійшла до редакції / Received 14.05.2026

Прийнята до друку / Accepted 17.07.2026

Опубліковано / Published 31.07.2026



This is an Open Access article distributed under the terms of the [Creative Commons CC-BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

© Бартков Микола, Кармаліта Анатолій

### Постановка проблеми у загальному вигляді

#### та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Контроль положення плоских деталей взуття за асиметрією шорсткості і ворсистості поверхонь за допомогою вакуумної системи [1] полягає в тому, що до деталі 1 (рис. 1), яка знаходиться на позиції контролю, перпендикулярно до її поверхонь, підводять дві однакові присоски 2, які працюють за принципом дросельних пневматичних перетворювачів, підключених до одного джерела вакууму. Відсмоктування повітря з порожнин присосок здійснюється через малі калібровані отвори дроселів з площею перерізу  $S_0$ . Розрідження в порожнинах присосок  $P_1$  і  $P_2$  залежать відповідно від співвідношення розмірів умовних зазорів між контактними поверхнями присосок та деталі  $S_1$  і дроселя  $S_0$ ;  $S_2$  і дроселя  $S_0$ .

Після контакту поверхонь присосок з протилежними поверхнями деталі між цими поверхнями і присосками виникають зусилля присмоктування, відповідні розрідження в порожнинах присосок.

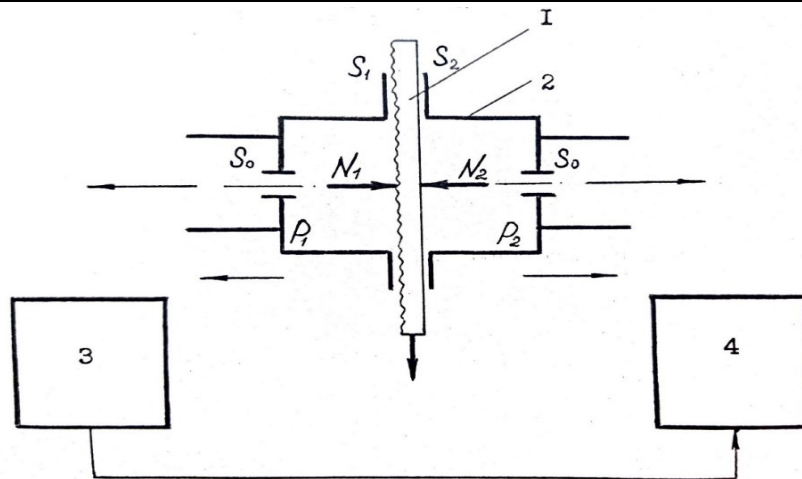


Рис.1. Положення присосок і деталі в момент контролю

Умовою контролю є виникнення різниці зусиль присмоктування до протилежних поверхонь деталі. У цьому випадку після відведення присосок деталь залишиться на тій з них, у порожнині якої розрідження було більшим, і далі транспортуватиметься нею на робочу позицію технологічного обладнання 4 або на позицію переорієнтування 3.

Загалом, за схемою рис. 1, умову контролю в перший момент часу відведення присосок можна записати у вигляді:

$$|(N_1 - N_2)f| \geq kG \quad (1)$$

де  $N_1$  і  $N_2$  - зусилля присмоктування присосок до поверхонь деталі;  $f$  - коефіцієнт тертя між робочою поверхнею присоски та поверхнею деталі;  $G$  - вага деталі;  $k$  - коефіцієнт запасу надійного утримання деталі.

В роботі [2] нами зроблено ряд допущень для дослідження процесу контролю:

1. Розглядаємо зазор між робочою поверхнею присоски і поверхнею впадин нерівностей деталі як пористе середовище (з урахуванням того, що нерівності не утворюють замкнутих контурів [3]).
2. Кількість повітря, що проходить крізь матеріал деталі під дією різниці тисків, значно менше кількості повітря, що надходить у порожнину присоски з її периферії.
3. Рух повітря в пористому середовищі (зазорі) ламінарний, і до нього застосовується лінійний закон фільтрації - закон Дарсі.
4. Рух повітря встановлений.
5. Через низький тиск повітря, його стан супроводжується незначною зміною густини, і тому розглядаємо повітря як рідину, що не стискається.

В тій же роботі [2] опубліковані знайдені нами формули для визначення тисків та зусиль присмоктування поверхонь плоских деталей окремо до кожної присоски.

В даному дослідженні необхідно знайти різницю зусиль присмоктування поверхонь плоских деталей взуття до протилежних присосок в момент їх відведення від деталі, з урахуванням параметрів шорсткості поверхонь, що визначає можливість та якість проведення контролю.

#### Аналіз досліджень та публікацій

Розробці та дослідженню методів та пристроїв для орієнтування штучних об'єктів роботизації присвячено велику кількість робіт. Деякі з них відносяться до орієнтування деталей в машинобудівній і приладобудівній промисловості [5].

Частина робіт відноситься до орієнтування деталей у взуттєвому виробництві [6]. Фундаментальні дослідження з розв'язання задач автоматичного орієнтування взуттєвих деталей за геометричними ознаками виконано у роботах [7,8]. Завдання орієнтування включає елементи проблеми розпізнання об'єктів, зокрема розпізнання (або контролю) положення об'єктів по відношенню до робочих органів технологічних машин або захватних органів промислових роботів.

Під контролем положення розуміють процес визначення відповідності фактичного становища, займаного деталлю в даний момент часу в орієнтуючій заданій позиції. Кожен контрольний орган визначає відповідність параметра деталі, який у вигляді інформації надходить як сигнал на виконавчий механізм, який змінює дане положення деталі на необхідне, або сигналізує про правильність положення [6].

Автоматичне орієнтування плоских деталей взуття ускладнюється ще рядом причин: невеликою жорсткістю деталей, складністю конфігурації, неточністю розмірів, асиметрією властивостей поверхонь, великою кількістю типорозмірів, парністю деталей тощо [8].

Методи контролю положення плоских деталей за асиметрією властивостей поверхонь в достатній мірі розглянуті в роботі [3]. Для дослідження ми вибрали контроль положення плоских деталей низу взуття за допомогою вакуумної системи [1] який, на наш погляд, є найбільш перспективним для застосування в технологічних процесах

## Формулювання цілей статті

**Метою роботи є:** дослідження математичної моделі залежності параметрів процесу від факторів, що впливають на нього для визначення раціональних та ефективних рішень по створенню пристроїв для контролю положення та орієнтації плоских деталей взуття за асиметрією поверхонь з допомогою вакуумних присосок.

## Виклад основного матеріалу

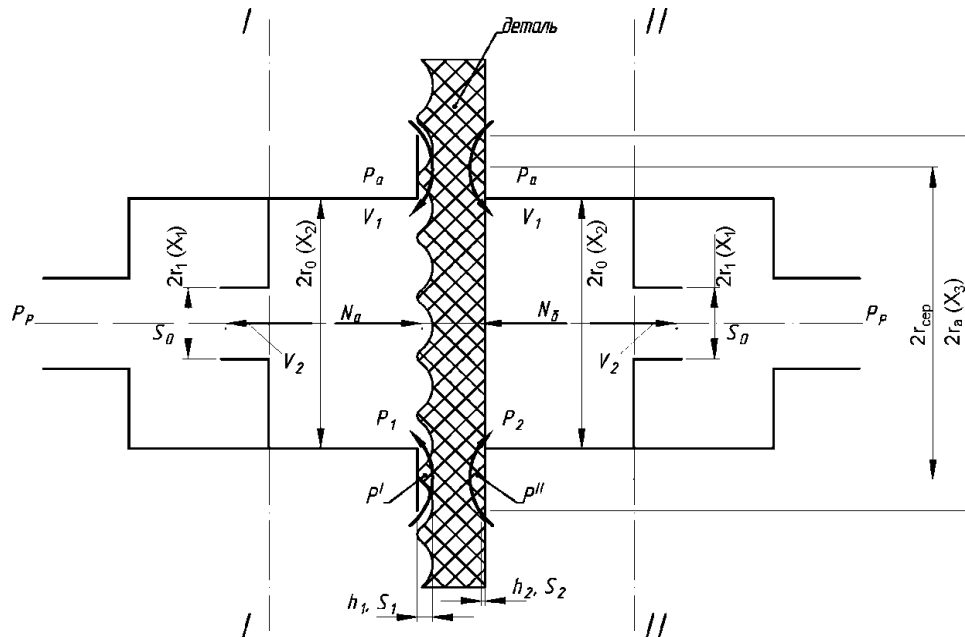


Рис.2. Схема взаємодії присосок і плоскої деталі з шорсткими поверхнями

Позначення:

$P_a$  - атмосферний тиск (кПа);

$P_p$  - підведений вакуум (кПа);

$P^I$  - тиск в умовному зазорі лівої присоски (кПа);

$P^{II}$  - тиск в умовному зазорі правої присоски (кПа);

$P_1$  - тиск в порожнині лівої присоски (кПа);

$P_2$  - тиск в порожнині правої присоски (кПа);

$N_a$  - зусилля присмоктування лівої присоски (Н);

$N_b$  - зусилля присмоктування правої присоски (Н);

$S_0$  - площа отвору дроселя (мм<sup>2</sup>);

$r_1, (X_1)$  - радіус дроселя (мм);

$r_0, (X_2)$  - внутрішній радіус присоски (мм);

$r_a, (X_3)$  - зовнішній радіус присоски (мм);

$h_1, S_1$  - параметри шорсткості;

$r$  - змінний радіус між  $r_0$  та  $r_a$ .

Величина тиску на середньому радіусі присосок, визначена в [2]:

Для лівої присоски:

$$P_{cep}^I = \sqrt{P_a^2 - \frac{P_a^2 - P_1^2}{\ln \frac{r_a}{r_0}} \cdot \ln \frac{2r_a}{r_a + r_0}} \quad (2)$$

Для правої присоски:

$$P_{cep}^{II} = \sqrt{P_a^2 - \frac{P_a^2 - P_2^2}{\ln \frac{r_a}{r_0}} \cdot \ln \frac{2r_a}{r_a + r_0}} \quad (3)$$

А тиск в порожнинах присосок:

Для лівої:

$$P_1 = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot r_0^2 \cdot \delta_1^2 \cdot P_a + S_0^2 \cdot P_p}{S_0^2 + 4 \cdot \pi^2 \cdot r_0^2 \cdot \delta_1^2} \quad (4)$$

Для правої:

$$P_2 = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot r_0^2 \cdot \delta_2^2 \cdot P_a + S_0^2 \cdot P_p}{S_0^2 + 4 \cdot \pi^2 \cdot r_0^2 \cdot \delta_2^2} \quad (5)$$

Де:  $\delta = h \cdot \psi \cdot m$ ,

$\delta$  - приведена висота нерівностей для кожного типу (топографії) поверхні або приведена висота умовного зазору;

$h$  – висота нерівностей;

$m$  – пористість зазору;

$\psi$  – коефіцієнт живого перерізу зазору

Тоді зусилля присмоктування присосок відповідно лівої та правої:

$$N_1 = (P_a - P_1) \cdot \pi \cdot r_0^2 + (P_a - P_{cep}) \cdot \pi \cdot (r_a^2 - r_0^2) \quad (6)$$

$$N_2 = (P_a - P_2) \cdot \pi \cdot r_0^2 + (P_a - P_{cep}) \cdot \pi \cdot (r_a^2 - r_0^2) \quad (7)$$

$$\Delta N = N_1 - N_2 = \pi \cdot r_0^2 \cdot (P_2 - P_1) + \pi \cdot (r_a^2 - r_0^2) \cdot (P_{cep} - P_{cep}) \quad (8)$$

Підставивши формули 2, 3, 4, 5 у 8 отримуємо вираз для визначення різниці зусиль присмоктування в момент початку відведення присосок:

$$\Delta N = \pi \cdot r_0^2 \cdot \left( \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot r_0^2 \cdot \delta_2^2 \cdot P_a + S_0^2 \cdot P_p}{S_0^2 + 4 \cdot \pi^2 \cdot r_0^2 \cdot \delta_2^2} - \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot r_0^2 \cdot \delta_1^2 \cdot P_a + S_0^2 \cdot P_p}{S_0^2 + 4 \cdot \pi^2 \cdot r_0^2 \cdot \delta_1^2} \right) + \pi \cdot (r_a^2 - r_0^2) \cdot \left( \sqrt{P_a^2 - \frac{P_a^2 - P_2^2}{\ln \frac{r_a}{r_0}} \cdot \ln \frac{2r_a}{r_a + r_0}} - \sqrt{P_a^2 - \frac{P_a^2 - P_1^2}{\ln \frac{r_a}{r_0}} \cdot \ln \frac{2r_a}{r_a + r_0}} \right) \quad (9)$$

В випадку використання середніх значень параметрів нерівності враховуємо, що останні мають однакові розміри і рівномірно розміщені на поверхні деталі. Тоді коефіцієнт пористості  $m$  рівний коефіцієнту живого перерізу  $\psi$  і прораховується із виразу:

$$\psi = m = \frac{t-d}{t} \quad (10)$$

Знайшовши значення параметрів умовних зазорів для деталей, що досліджувались, які занесені в таблицю 1 за методикою [3], можемо знайти різницю зусиль присмоктування в момент початку відведення присосок для цих деталей:

Таблиця 1

Параметри умовних зазорів в момент контакту присоски

| № п/п | Найменування матеріалу                               | Вид поверхні | Параметри умовних зазорів в момент контакту присоски |                |                |           |                     |
|-------|------------------------------------------------------|--------------|------------------------------------------------------|----------------|----------------|-----------|---------------------|
|       |                                                      |              | $h, \text{мм}$                                       | $d, \text{мм}$ | $t, \text{мм}$ | $\psi, m$ | $\delta, \text{мм}$ |
| 1     | EVA                                                  | Ходова       | 2,5                                                  | 2,1            | 5,5            | 0,618     | 0,955               |
|       |                                                      | Не ходова    | -                                                    | -              | -              | -         | -                   |
| 2     | Шкіра для низу взуття                                | Лицьова      | 0,12                                                 | 1,0            | 0,31           | 2,2       | 0,580               |
|       |                                                      | Виворітна    | 0,42                                                 | 0,44           | 0,71           | 0,38      | 0,060               |
| 3     | Шкір. замітник                                       | Лицьова      | 0,20                                                 | 0,21           | 0,46           | 0,543     | 0,059               |
|       |                                                      | Виворітна    | 0,1                                                  | 0,09           | 0,25           | 0,64      | 0,040               |
| 4     | Шкіра для верху взуття                               | Лицьова      | 0,11                                                 | 0,095          | 0,27           | 0,7       | 0,053               |
|       |                                                      | Виворітна    | 0,74                                                 | 0,35           | 0,81           | 0,568     | 0,239               |
| 5     | Штучне хутро                                         | Лицьова      | 3,13                                                 | 0,05           | 0,17           | 0,706     | 0,866               |
|       |                                                      | Виворітна    | 0,08                                                 | 0,38           | 0,95           | 0,600     | 0,029               |
| 6     | Гума пориста №1                                      | Ходова       | 1,5                                                  | 0,85           | 1,25           | 0,320     | 0,154               |
|       |                                                      | Не ходова    | -                                                    | -              | -              | -         | -                   |
| 7     | Гума пориста №2                                      | Ходова       | 0,65                                                 | 0,31           | 0,72           | 0,569     | 0,210               |
|       |                                                      | Не ходова    | -                                                    | -              | -              | -         | -                   |
| 8     | Монолітна гума для підшов                            | Ходова       | 2,54                                                 | 8,32           | 18,56          | 0,552     | 0,774               |
|       |                                                      | Не ходова    | -                                                    | -              | -              | -         | -                   |
| 9     | Формовані гумові підшви з рифленням ходової поверхні | Ходова       | 0,93                                                 | 1,12           | 2,84           | 0,606     | 0,341               |
|       |                                                      | Не ходова    | -                                                    | -              | -              | -         | -                   |

В таблиці:  $d$  – ширина нерівності;  $t$  – крок, з яким нерівності умовно рівномірно розташовані на поверхні деталі

Приведені вище міркування вірні для взаємодії робочих поверхонь присосок з поверхнями деталей, що мають нерівності з незамкнутим контуром, які є у більшості взуттєвих матеріалів [2] Рідше зустрічаються поверхні, створені штучно, які мають нерівності із замкнутим контуром (наприклад EVA)

На рисунку 3 зображено два можливих варіанта дії робочої поверхні присоски і поверхні деталі нерівності з замкнутими контурами.

В першому випадку на рисунку 3а, коли ширина робочої поверхні присоски  $b$  менше ширини  $c$  впадини нерівності, має місце просочування повітря в порожнину присоски цільовий зазор, створений поверхнею впадини нерівності робочої поверхні присоски. Зусилля притягування в цьому визначається із виразу:

$$N = (P_a - P) \cdot \pi \cdot r_0^2 \quad (11)$$

Де тиск в порожнині присоски визначається за відомою формулою [4]

$$P = \frac{P_a}{1 + (S_0/S)^2} \quad (12)$$

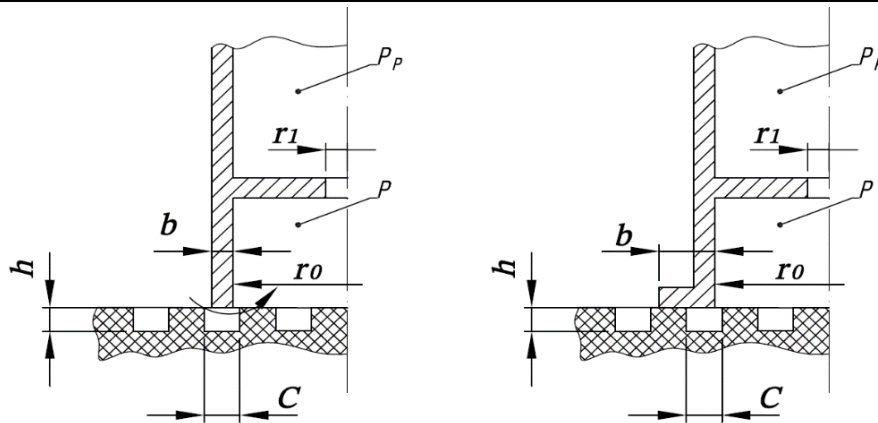


Рис.3. Схема контакту контролюючої присоски до поверхні, яка має нерівності з замкнутих контуром

Або

$$P = \frac{P_a}{1 + \left(\frac{r_1^2}{2r_0 \cdot h \cdot \psi}\right)^2} \quad (13)$$

В другому випадку, на рисунку 2б ширина робочої поверхні присоски більше ширини впадини нерівності і зусиль притягування визначається, як в випадку контакту присоски з гладкою поверхнею по формулі:

$$N = (P_a - P_p) \cdot \pi \cdot r_0^2 \quad (14)$$

На рисунках 2-4 зображені графіки часткової залежності зусиль притягування поверхонь різних матеріалів для деталей взуття до присоски від параметрів присоски і параметрів поверхні, прорахованої по формулах 6, 7, 11, 13 з допомогою програмного забезпечення Microsoft Excel. Значення вихідних даних для прорахунку параметрів умовних зазорів брались із таблиці 1.

Позначення кривих на графіках відповідають найменуванням деталей із таблиці 1.

На рис.4 співставлено залежності між змінним внутрішнім радіусом присоски  $r_0$  (7,5мм, 10мм, 12,5мм) та  $\Delta N$ , не змінні параметри для обрахунку були зовнішній радіус присоски  $r_a = 17.5$ мм, атмосферний тиск  $P_a = 101,325$ кПа, підведений тиск  $P_p = 55,000$ кПа.

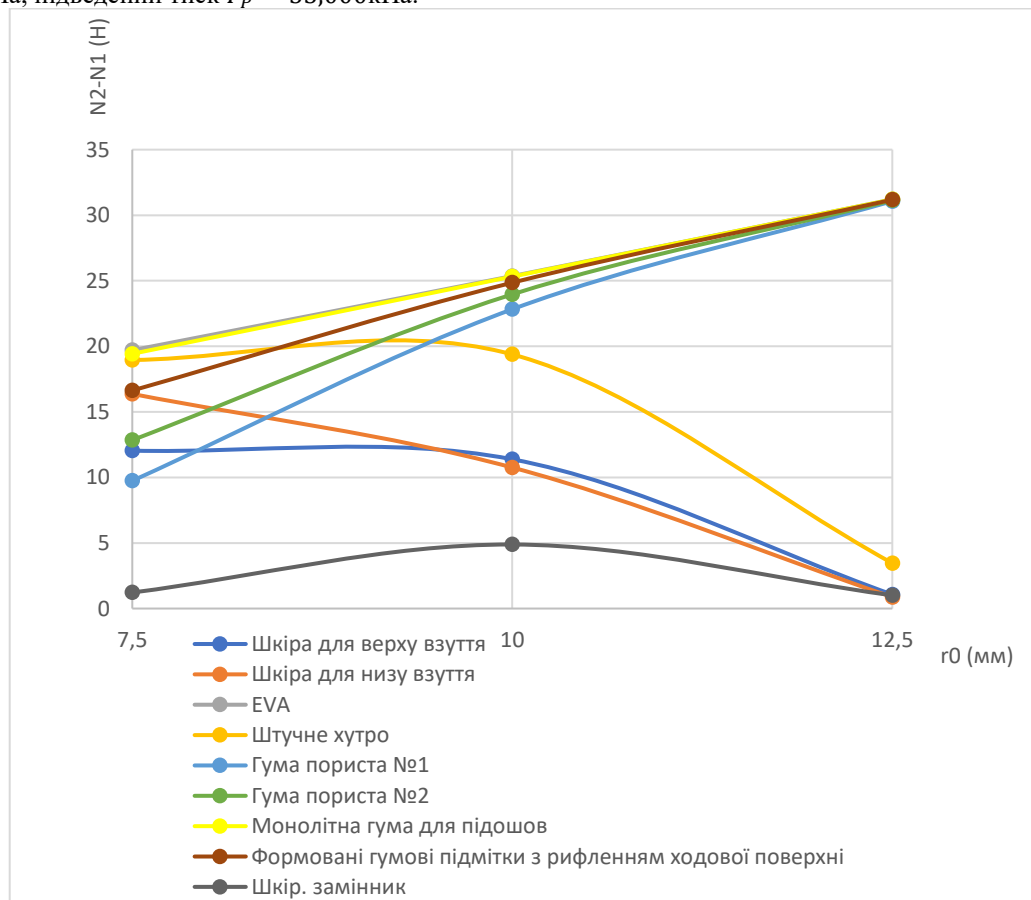


Рис.4. Графік залежності різниці зусиль відриву деталі від внутрішнього радіуса присоски

На рис.5 співставлено залежності між змінною  $r_a - r_0$  (5мм, 7,5мм, 10мм) та  $\Delta N$ , не змінні параметри для обрахунку були зовнішній радіус присоски  $r_a = 17.5$ мм, атмосферний тиск  $P_a = 101,325$ кПа, підведений тиск  $P_p = 55,000$ кПа.

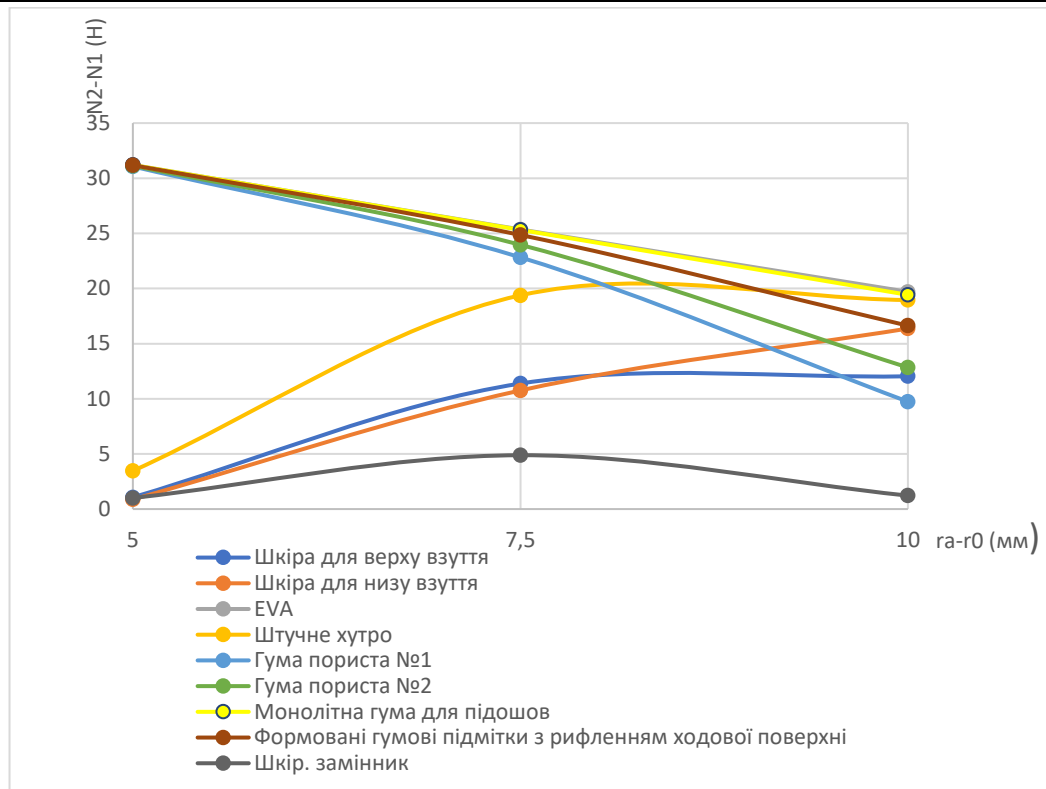


Рис.5. Графік залежності різниці зусиль відриву деталі від різниці зовнішнього та внутрішнього радіусу присоски

На рис.6 співставлено залежності між змінною  $S_0$  (0.78мм, 3.14мм, 7.06мм) та  $\Delta N$ , не змінні параметри для обрахунку були зовнішній радіус присоски  $r_a = 17.5\text{мм}$ , внутрішній радіус присоски  $r_0 = 7.5\text{мм}$ , атмосферний тиск  $P_a = 101,325\text{кПа}$ , підведений тиск  $P_p = 55,000\text{кПа}$ .

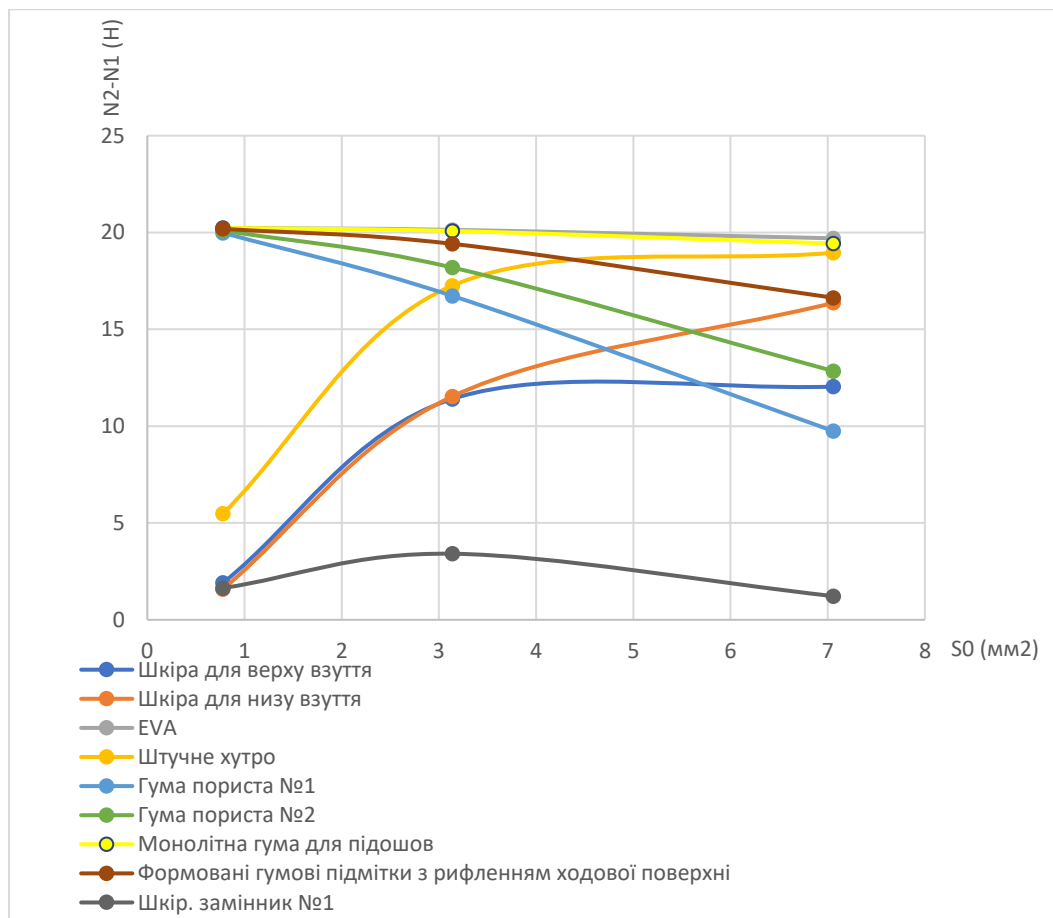


Рис.6. Графік залежності різниці зусиль відриву деталі від площі дроселя досліджуваної присоски

### Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

1. Побудована фізична та математична моделі взаємодії двох однакових, протилежно асиметрично розташованих і притиснутих до поверхонь плоскої деталі вакуумних присосок в момент відведення їх від деталі, що дало можливість визначити умови, при яких деталь залишиться на одній із присосок після їх розведення.

2. Розрахунки, проведені за отриманими формулами, дали можливість отримати ті параметри присосок і параметри шорсткості поверхонь при яких деталь залишиться на одній із присосок після їх розведення. А значить можливий контроль положення плоских деталей за властивостями поверхонь.

3. Знайдені значення параметрів умовних зазорів для деталей, що досліджувались, які занесені в таблицю, в результаті чого появилася можливість знайти різницю зусиль присмоктування в момент початку відведення присосок для цих деталей.

4. Аналіз графіків залежності різниці зусиль присмоктування присосок в момент їх розведення від внутрішнього радіуса присосок, розміру активної поверхні присосок та характеристик шорсткості поверхонь деталей дає можливість виявити ті параметри присосок та поверхонь, при яких можливий процес контролю.

Перспективами подальших розвідок у даному напрямі є експериментальна перевірка виконаних аналітичних досліджень на створеному для цього спеціальному стенді, а також впровадження результатів досліджень у технологічний процес обробки плоских деталей взуття перед складанням в готовий виріб.

### Література

1. Патент на корисну модель № 160149 UA, МПК B65H 3/64 (2006.01), B65H 5/08 (2006.01). Спосіб орієнтованої подачі на обробку плоских деталей з різною шорсткістю поверхонь / А. К. Кармаліта, С. І. Пундик, М. С. Бартков ; володілець Хмельницький національний університет. – № u 2025 00915 ; заявл. 03.03.2025 ; опубл. 06.08.2025, Бюл. № 32.
2. Кармаліта А., Бартков М., Пундик С. Дослідження процесу взаємодії вакуумного захвату з поверхнями різної шорсткості. Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Технічні науки. 2025. № 1 (347). DOI: <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2025-347-13>.
3. Пундик С. І. Обґрунтування конструкційних параметрів пристроїв для контролю положення плоских деталей низу взуття в автоматизованих процесах обробки : дис. ... канд. техн. наук : 05.05.10 / Київський національний університет технологій та дизайну. Київ, 2021. 185 с.
4. Технічні засоби автоматизації. Математичні операції на пневматичних елементах та їх використання в системи керування: Навчальний посібник до вивчення курсу «Електричні та пневматичні системи керування» для студентів, що навчаються за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / Укладачі: П. М. Сташкевич, М. В. Лукінюк – Електронні текстові дані (1 файл: 4,529 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 319 с.
5. Choi, Hyeung-Sik, Hwang, Gyu-Deuk, You, Sam-Sang, Development of a new buffing robot manipulator for shoes, Robotica, vol. 26, no. 1. – 2008. – P. 55–62.
6. Семеніхіна Л. Ф. Контроль положення деталей за властивостями поверхонь: дис. ... канд. техн. наук. – К., 1972. – 208 с.
7. Пундик С.І. Проектування засобів організації середовища для промислових роботів / С.І. Пундик, А.К. Кармаліта // 9-та Міжнародна наукова конференція "IX Україно-Польські наукові діалоги" 20-23 жовтня 2021 року. Тези доповідей - С. 143–145.
8. Кармаліта А. К. Способи контролю положення плоских деталей взуття за асиметрією властивостей поверхонь / А. К. Кармаліта, С. І. Пундик. // Технології та інжиніринг. – 2024. – №1(18). – С. 50–59.

### References

1. Patent na korysnu model № 160149 UA, MPK B65H 3/64 (2006.01), B65H 5/08 (2006.01). Sposib oriietovanoi podachi na obrobku ploskykh detalei z riznoi shorstkisti poverkhon / A. K. Karmalita, S. I. Pundyk, M. S. Bartkov ; volodilets Khmelnytskyi natsionalnyi universytet. – № u 2025 00915 ; zaiavl. 03.03.2025 ; opubl. 06.08.2025, Biul. № 32.
2. Karmalita A., Bartkov M., Pundyk S. Doslidzhennia protsesu vzaiemodii vakuumnoho zakhvatu z poverkhniami riznoi shorstkosti. Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Seriya: Tekhnichni nauky. 2025. № 1 (347). DOI: <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2025-347-13>.
3. Pundyk S. I. Obgruntuvannia konstruktsiinykh parametriv prystroiv dlia kontroliu polozhennia ploskykh detalei nyzu vzuttia v avtomatyzovanykh protsesakh obrobky : dys. ... kand. tekhn. nauk : 05.05.10 / Kyivskyi natsionalnyi universytet tekhnolohii ta dizainu. Kyiv, 2021. 185 s.
4. Tekhnichni zasoby avtomatyzatsii. Matematychni operatsii na pnevmatychnykh elementakh ta yikh vykorystannia v systemy keruvannia: Navchalnyi posibnyk do vyvchennia kursu «Elektrychni ta pnevmatychni systemy keruvannia» dlia studentiv, shcho navchaiutsia za spetsialnistiu 151 «Avtomatyzatsiia ta kompiuterno-intehrovani tekhnolohii» / Ukladachi: P. M. Stashkevych, M. V. Lukiniuk – Elektronni tekstovi dani (1 fail: 4,529 Mbait). – Kyiv : KPI im. Ihoria Sikorskoho, 2019. – 319 s.
5. Choi, Hyeung-Sik, Hwang, Gyu-Deuk, You, Sam-Sang, Development of a new buffing robot manipulator for shoes, Robotica, vol. 26, no. 1. – 2008. – P. 55–62.
6. Semenikhina L. F. Kontrol polozhennia detalei za vlastyvostiamy poverkhon: dys. ... kand. tekhn. nauk. – K., 1972. – 208 s.
7. Pundyk S.I. Proektuvannia zasobiv orhanizatsii seredovyscha dlia promyslovykh robotiv / S.I. Pundyk, A.K. Karmalita // 9-ta Mizhnarodna naukova konferentsiia "IX Ukraino-Polski naukovy dialohy" 20-23 zhovtnia 2021 roku. Tezy dopovidei - S. 143–145.
8. Karmalita A. K. Sposoby kontroliu polozhennia ploskykh detalei vzuttia za asymetriieiu vlastyvostei poverkhon / A. K. Karmalita, S. I. Pundyk. // Tekhnolohii ta inzhynirynh. – 2024. – №1(18). – С. 50–59.