

УДК 621.
865.8:
687.053

МІСЯЦЬ М. В., ОРЛОВСЬКИЙ Б. В.

Київський національний університет технологій та дизайну, Україна

ПАРАМЕТРИЧНИЙ СИНТЕЗ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ АЕРОДИНАМІЧНОГО ЗАХОПЛЮВАЧА ДЕТАЛЕЙ КРОЮ З ТЕКСТИЛЮ ЗІ СТОСУ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ЗАВАНТАЖЕННЯ ШВЕЙНИХ МАШИН

Мета. Автоматизація завантаження швейних машин деталями крою на засадах параметричного синтезу з метою оптимізації процесу поштучного відокремлення від пачки деталей крою аеродинамічним захоплювачем швейного маніпулятора та визначення найбільш раціонального поєднання параметрів, які характеризують критерій оптимізації базування деталей крою з текстилю відносно їх центру мас і одного з конструктивних параметрів аеродинамічної пластини захоплювача швейного маніпулятора.

Методика. Для оптимізації процесу поштучного відокремлення від пачки деталей крою з текстилю застосована методика теорії планування і аналізу багато факторного експерименту для запропонованого узагальненого показника якості побудованих експериментально-статистичних моделей і для визначення екстримальних значень параметрів процесу поштучного відділення за допомогою аеродинамічного способу та пристрою діади «захоплювач швейного маніпулятора – деталь крою з текстилю» при найбільш раціональному поєднанні значимих параметрів.

Результат. Для оптимізацію процесу поштучного відокремлення від пачки деталей крою з текстилю аеродинамічним захоплювачем розроблено експериментальну установку і виконано чисельний експеримент. Побудовано графічні номограми двомірних перерізів поверхонь відгуку цільової функції для інженерних розрахунків конструктивних параметрів і робочого процесу аеродинамічного захоплювача швейного маніпулятора завантаження машин деталями крою з текстилю різних груп швейних виробів. Виконано графічну інтерпретацію та чисельні розрахунки отриманих формул та математичних моделей для оптимізації процесу поштучного відділення з пачки текстильних деталей крою за допомогою аеродинамічного способу та пристрою для проектування механіко-технологічної пари «захоплювач швейного маніпулятора – деталь крою з текстилю» при найбільш раціональному поєднанні параметрів, які характеризують процес базування деталей крою з текстилю відносно їх центру мас і один з конструктивних параметрів аеродинамічної пластини захоплювача швейного маніпулятора.

Наукова новизна: полягає в розкритті закономірностей оптимізація параметрів аеродинамічного захоплювача деталей крою з текстилю зі стосу для автоматизованого завантаження швейних машин за результатами центрального рототабельного композиційного плану експерименту 2-го порядку (ЦРКПЕ-2) при скоригованих нульових рівнях керованих параметрів: $p = 1,5 \cdot 10^5 \frac{H}{m^2}$ (Па), $l_y = 62,5$ мм, $l_c = 35,0$ мм та реалізованої матриці ЦРКПЕ-2 розміром 20x8 (20 серій дослідів по 8 повторень). Виконані статистичні оцінки, які дозволили отримати адекватні процесу поштучного відділення текстильних деталей крою зі стопки математичні моделі 2-го порядку для трьох критеріїв оптимізації Y_c , Y_k , Y_n – тривалості циклу поштучного відділення зі стопки деталей крою з тканин сорочкової костюмної та пальтової груп

Практична значимість: розроблений метод параметричного синтезу для визначення оптимальних параметрів аеродинамічного захоплювача і циклу поштучного відокремлення деталей крою з текстилю зі стосу на підставі теоретичного обґрунтування і експериментального дослідження взаємодії робочого середовища з деталями крою сорочкової, пальтової та костюмної групи.

Ключові слова: параметричний синтез; оптимізація; захоплювач; швейний маніпулятор; статистичні моделі; графічні номограми; деталі крою з текстилю.

Вступ. Швейні машини [1, 2] з маніпулятором [3] автоматичного завантаження деталями крою з текстилю переходять у клас роботизованого обладнання цільового

призначення, якщо процес автоматизованого поштучного відділення текстильних деталей з пачки та завантаження складаються з наступних основних етапів циклу роботи швейного маніпулятора.

1 – контакт робочого інструменту або робочого середовища для захоплення верхньої ворсисті та повітропроникної поверхні «а» і-тої деталі немагнітного м'якого листового матеріалу, а саме контакт з деталлю крою;

2 – контактне або безконтактне проникнення робочого інструменту або робочого середовища всередину верхньої *i-moi* деталі;

3 – руйнування контакту взаємодії між нижньою ворсистією поверхнею «в» *i-moi* деталі з верхньою ворсистією поверхнею «а» *i+I* деталі крою в пачці;

4 – частковий або повний поділ *i-moi* та *i+I* деталей;

5 – переміщення *i-moi* деталі крою в зону голкової пластини та притискної лапки швейної машини

6 – розщеплення робочого інструменту (робочого середовища) з поверхнею «а» *i-moi* деталі в зоні голкової пластини та притискної лапки швейної машини для подальшої технологічної операції обметування краю на машинах типу *overlock* або пауза для повторення пунктів 1–6 наступного циклу з деталлю *i+I* на машинах типу *lockstitch*.

В роботі авторів [4] виконаний порівняльний аналіз функціонально-адекватних захватів маніпуляторів завантаження швейних машин деталями крою з текстилю з метою обґрунтованого вибору аеродинамічного захоплювача деталей крою з текстилю зі стосу для автоматизованого завантаження швейних машин. А в роботі [5] розроблена аналітична модель і виконані розрахунки аеродинамічного захоплювача деталей крою з текстилю зі стосу маніпуляторів завантаження швейних машин.

Теоретичні основи побудови багатофакторних нелінійних експериментально статистичних моделей 2-го порядку і стратегія експериментування, аналізу даних та інтерпретацію експериментальних результатів розглянути у роботах [6–17].

Постановка завдання. Виконання параметричного аналізу та визначення раціональних параметрів струменевих пневматичних пристроїв що дозволять провести оптимізацію процесу поштучного відділення деталей крою від пачки при деяких обмеженнях, що накладаються на один із керованих факторів, не вдаючись до громіздких розрахунків за рівняннями (4)–(6) для аеродинамічних захоплювачів швейних маніпуляторів. Побудувати графічні номограми двомірних перерізів поверхонь відгуку цільової функції для інженерних розрахунків конструктивних параметрів і робочого процесу аеродинамічного захоплювача швейного маніпулятора завантаження машин деталями крою з текстилю різних груп швейних виробів.

Результати дослідження. Запропоновані побудовані графічні номограми можуть бути використані при проектуванні теоретичних циклограм роботи швейних машин з модулями автоматичного завантаження деталей крою з текстилю розміром до 300x150 мм. Також отримані графічні номограми доцільно використовувати для інженерних розрахунків конструктивних параметрів та інших струменевих пневматичних пристроїв.

Цільова функція $Y(p, l_{ц}, l_c) \rightarrow \min$ при обмеженнях: $0,37 \cdot 10^5 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} \leq p \leq 2,5 \cdot 10^5 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$; $10 \text{ мм} \leq l_{ц} \leq 110 \text{ мм}$; $20 \text{ мм} \leq l_c \leq 65 \text{ мм}$.

Цільову функцію знаходимо у вигляді двомірних перерізів поверхонь відгуку для тканин сорочкової Y_c , костюмною Y_k , та пальтової Y_p , груп при дії обраних апріорі керованих незалежних змінних: x_1 – тиск p в пневмо мережі, x_2 – положення центру маси $l_{ц}$ деталі крою, що відділяється зі стосу щодо бази аеродинамічної пластини і x_3 – довжини сопла l_c .

Для визначення оптимальних [18] режимів роботи і конструктивних параметрів аеродинамічного захоплювача [19]–[21] текстильних деталей крою плаття-сорочкової,

костюмної і пальтової груп розроблена експериментальної установки, комбінована схема якої наведена на рис. 1.

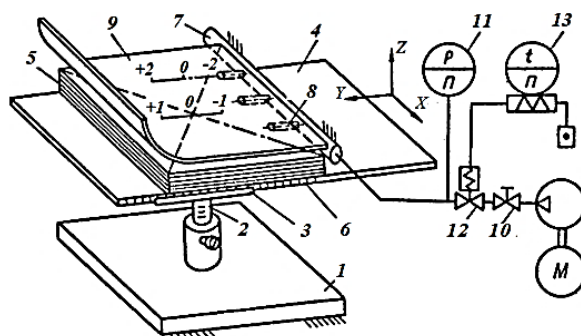


Рис. 1. Комбінована схема експериментальної установки для визначення режимів роботи і конструктивних параметрів захоплювача текстильних деталей крою плаття-сорочкової, костюмної і пальтової груп

Експериментальна установка складається зі станини 1, стійки 2, у напрямних 3 якої може переміщатися по висоті осі Z столик 4 з деталями крою з текстилю 5. Величина переміщення центру мас деталей крою по горизонталі по осі X напрямних вимірюється за допомогою шкали 5 з граничною абсолютною похибкою 1,0 мм. На столику змонтовані колектор 7 зі змінними соплами 8 і аеродинамічна пластина 9. Тиск повітря від пневмогенератора задається і контролюється вентилем 10 і манометром 11 з граничною абсолютною похибкою $5 \cdot 10^2 \frac{\text{H}}{\text{м}^2}$. Електромагнітний клапан 12 та електросекундомір 13 служать для фіксації часу відділення деталей крою, величина якого оптимізується. Гранична відносна похибка вимірювання параметра оптимізації та керованих змінних параметрів становить 2%.

Радіус козирка аеродинамічної пластини $R_K = 50$ мм, перетин сопел $S_c = 2,5 \text{ мм}^2$ і висота турболізатора $h_T = 1,0$ мм залишалися постійними.

За результатами повного факторного експерименту ПФЕ 2^3 [6, 7], в якому нульовий рівень факторів $x_1 := p = 1,88 \cdot 10^5 \frac{\text{H}}{\text{м}^2}$, $x_2 := l_{\text{ц}} = 37,5$ мм, $x_3 := l_c = 40,0$ мм та інтервали їх варіювання, відповідно, $\Delta p = 0,375 \cdot 10^5 \frac{\text{H}}{\text{м}^2}$, $\Delta l_{\text{ц}} = 20,0$ мм, $\Delta l_c = 15,0$ мм для трьох груп тканин отримані наступні рівняння:

$$Y_c = 0,398 + 0,076x_2 + 0,080x_3 + 0,076x_1x_2; \quad (1)$$

$$Y_k = 0,250 - 0,021x_1 + 0,047x_3 - 0,021x_1x_3; \quad (2)$$

$$Y_{\text{п}} = 0,291 - 0,052x_1 + 0,052x_1x_2. \quad (3)$$

Рівняння (1)–(3), є адекватними досліджуваному процесу оскільки розрахункові значення критерію Фішера $F_c = 2,91$, $F_k = 1,13$, $F_{\text{п}} = 1,63$ виявилися менше табличного значення критерію Фішера $F_{\text{табл}} = 4,12$ [6]. Одночасно ці рівняння виявилися нелінійними зважаючи на значущість ефектів взаємодії керованих параметрів x_1x_2 та x_1x_3 . Тому план ПФЕ 1-го порядку був доповнений дослідями на рівнях $\pm 1,682$ і в нульових точках для центрального рототабельного композиційного плану експерименту 2-го порядку (ЦРКПЕ-2) при скоригованих нульових рівнях керованих параметрів: $p = 1,5 \cdot 10^5 \frac{\text{H}}{\text{м}^2}$, $l_{\text{ц}} = 62,5$ мм, $l_c = 35,0$ мм.

Реалізація матриці ЦРКПЕ-2 розміром 20×8 (20 серій дослідів по 8 повторень) та виконані статистичні оцінки дозволили отримати наступні адекватні процесу поштучного

відділення текстильних деталей крою зі стопки математичні моделі 2-го порядку в кодованих значеннях керованих параметрів x_1, x_2, x_3 [6]:

$$Y_c = 0,285 - 0,032x_1 - 0,013x_2 + 0,030x_1^2 - 0,012x_2^2 - 0,035x_3^2; \quad (4)$$

$$Y_k = 0,385 - 0,032x_1 - 0,029x_2 + 0,023x_3 - 0,012x_1^2 - 0,006x_2^2 - 0,045x_3^2 + 0,010x_1x_3 + 0,043x_2x_3; \quad (5)$$

$$Y_n = 0,358 - 0,043x_1 - 0,023x_2 + 0,044x_3 + 0,010x_1^2 + 0,017x_2^2 + 0,028x_3^2 - 0,011x_1x_2 + 0,015x_1x_3 + 0,011x_2x_3, \quad (6)$$

де Y_c, Y_k, Y_n – критерії оптимізації тривалості циклу поштучного відділення зі стопки деталей крою з тканин сорочкової костюмної та пальтової груп.

З урахуванням формул переходу від кодованих значень керуючих факторів до іменованих значень керованих факторів $x_1 = \Delta p^{-1}(p - p_0)$, $x_2 = \Delta l_c^{-1}(l_c - l_{c0})$, $x_3 = \Delta l_c^{-1}(l_c - l_{c0})$ рівняння (4)...(6) приведені до наступного вигляду:

$$Y_c = 0,627 - 0,723p + 0,003l_c + 0,212p^2 - 0,003 \cdot 10^{-2}l_c^2 - 0,017 \cdot 10^{-2}l_c^2; \quad (7)$$

$$Y_k = 0,485 - 0,109p - 0,452 \cdot 10^{-2}l_c + 0,394 \cdot 10^{-2}l_c - 0,085p^2 - 0,015 \cdot 10^{-3}l_c^2 - 0,022 \cdot 10^{-2}l_c^2 + 0,186 \cdot 10^{-2}p \cdot l_c + 0,015 \cdot 10^{-2}l_c \cdot l_c; \quad (8)$$

$$Y_n = 1,163 - 0,303p - 0,008l_c - 0,155 \cdot 10^{-1}l_c + 0,707 \cdot 10^{-1}p^2 + 0,425 \cdot 10^{-4}l_c^2 + 0,137 \cdot 10^{-3}l_c^2 - 0,146 \cdot 10^{-2}p \cdot l_c + 0,205 \cdot 10^{-2}p \cdot l_c + 0,105 \cdot 10^{-3}l_c \cdot l_c. \quad (9)$$

Аналіз рівнянь (7)–(9) на міні-макс методом невизначених множників Лагранжа дозволив отримати екстремальні значення критерія оптимізації \hat{Y}_S , які зведені в таблицю 1, де також наведено значення координат у кодованих значеннях x_{1S}, x_{2S}, x_{3S} та в поіменованих значеннях p_S, l_{cS}, l_{cS} умовного екстремуму поверхонь відгуку для досліджених областей факторного простору.

Таблиця 1

Розрахункові значення величини та координат умовного екстремуму критерію оптимізації

Група тканин	Вага матеріалу, $\frac{\Gamma}{\text{м}^2}$	x_{1S}	$p_S \cdot 10^{-5}, \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$	x_{2S}	$l_{cS}, \text{мм}$	x_{3S}	$l_{cS}, \text{мм}$	\hat{Y}_S
Сорочкові	100 ÷ 120	0,53	1,70	-0,51	52,5	0	35	0,28
Костюмні	200 ÷ 220	-0,75	1,03	2,53	112,5	1,0	50	0,37
Пальтові	300 ÷ 420	2,20	2,32	0,75	87,5	0,75	46	0,39

Як випливає з таблиці 1, всі отримані екстремальні значення керованих параметрів опинилися в області експерименту, що підтверджує правильність вибору меж факторного простору та інтервалів варіювання факторів.

Для визначення виду поверхонь відгуку цільових функцій рівняння (4)–(6) перетворені на відповідні їм наступні рівняння в канонічній формі:

$$Y_c - 0,28 = 0,030X_1^2 - 0,035X_2^2 - 0,012X_3^2; \quad (10)$$

$$Y_k - 0,37 = -0,055X_1^2 + 0,004X_2^2 - 0,012X_3^2; \quad (11)$$

$$Y_{\Pi} - 0,39 = 0,038X_1^2 + 0,004 \cdot 10^{-1}X_2^2 + 0,016X_3^2, \quad (12)$$

де X_1, X_2, X_3 – перетворені осі координат, які перенесені в центр фігури з координатами x_{1S}, x_{2S}, x_{3S} і повернені в факторному просторі щодо старих осей (рис. 2).

Коефіцієнти рівнянь (10) ... (11) були отримані рішенням кубічних рівнянь виду:

$$B^3 + \alpha B^2 + \beta B + \gamma = 0, \quad (13)$$

де α, β, γ – напрямні кути в радіанах перетворених осей координат X_1, X_2, X_3 , які пов'язані з коефіцієнтами b_i, b_{ii}, b_{ij} рівнянь (7)–(9) наступними залежностями:

$$\alpha = -(b_{11} + b_{22} + b_{33}); \quad (14)$$

$$\beta = [b_{11}b_{33} + b_{22}b_{33} + b_{11}b_{22} - 0,25(b_{12}^2 + b_{23}^2 + b_{13}^2)]; \quad (15)$$

$$\gamma = [-b_{11}b_{22}b_{33} + 0,25(b_{12}b_{13}b_{23} - b_{22}b_{13}^2 - b_{33}b_{12}^2 - b_{11}b_{23}^2)]. \quad (16)$$

Розраховані значення напрямних кутів наведено в таблиці 2.

Таблиця 2

Напрямні кути в радіанах до рівняння (13)

$\alpha_c = 0,017$	$\beta_c = -0,099 \cdot 10^{-2}$	$\gamma_c = 0,126 \cdot 10^{-4}$
$\alpha_k = 0,063$	$\beta_k = 0,039 \cdot 10^{-2}$	$\gamma_k = -0,246 \cdot 10^{-5}$
$\alpha_{\Pi} = -0,055$	$\beta_{\Pi} = 0,064 \cdot 10^{-2}$	$\gamma_{\Pi} = 0,024 \cdot 10^{-5}$

Канонічні рівняння (10) і (11) описують поверхні відгуку типу мінімаксу, а канонічне рівняння (12) відповідає поверхні відгуку типу еліпсоїд.

Вивчення області екстремуму канонічних рівнянь (10)–(12) проведено шляхом побудови та подальшого аналізу перерізів поверхонь відгуку паралельними площинами. В результаті одержано графічні номограми (рис. 2–4) для інженерних розрахунків прийнятого критерія оптимізації Y_S процесу поштучного відділення деталей крою сорочкової, костюмної і пальтової груп від пачки при деяких обмеженнях, що накладаються на один із керованих факторів. На рис. 2 наведені графічні номограми двомірних перерізів поверхонь відгуку для інженерних розрахунків оптимальних режимів роботи аеродинамічного захоплювача швейного маніпулятора для деталей крою сорочкової групи.

На рис. 2 (а, б, в), для екстремального значення $\hat{Y}_S = 0,28$ (таблиця 1) наведено графічні номограми $l_c(l_{\Pi})$ при $p = 1,69 \cdot 10^5 \frac{\text{H}}{\text{M}^2} = \text{const}$, $l_c(p)$ при $l_{\Pi} = 52,5 \text{ мм} = \text{const}$ та $l_{\Pi}(p)$ при $l_c = 35 \text{ мм} = \text{const}$ для тканин сорочкової групи. Величина знайдених значень екстремальних параметрів критерію оптимізації $\hat{Y}_{S_c} = 0,28$ для деталей крою сорочкової групи збільшується при русі від центру двомірних перерізів по одній осі і зменшується при русі по іншій осі для поверхонь відгуку типу міні-макс.

На рис. 3 наведені двомірні перерізи поверхонь відгуку у вигляді графічних номограм для інженерних розрахунків оптимальних параметрів аеродинамічного захоплювача деталей крою з текстилю костюмної групи.

На рис. 3 (а, б), для екстремального значення $\hat{Y}_S = 0,37$ (таблиця 1) наведено графічні номограми $l_c(l_{\Pi})$ при $p = 1,03 \cdot 10^5 \frac{\text{H}}{\text{M}^2} = \text{const}$ та $l_c(p)$ при $l_{\Pi} = 112,5 \text{ мм} = \text{const}$ для тканин костюмної групи. Величина знайдених значень екстремальних параметрів критерію

оптимізації $\hat{Y}_{S_k} = 0,37$ для деталей крою костюмної групи значення екстремуму функцій зменшується по двох осях поверхонь віддуку типу еліпсоїда.

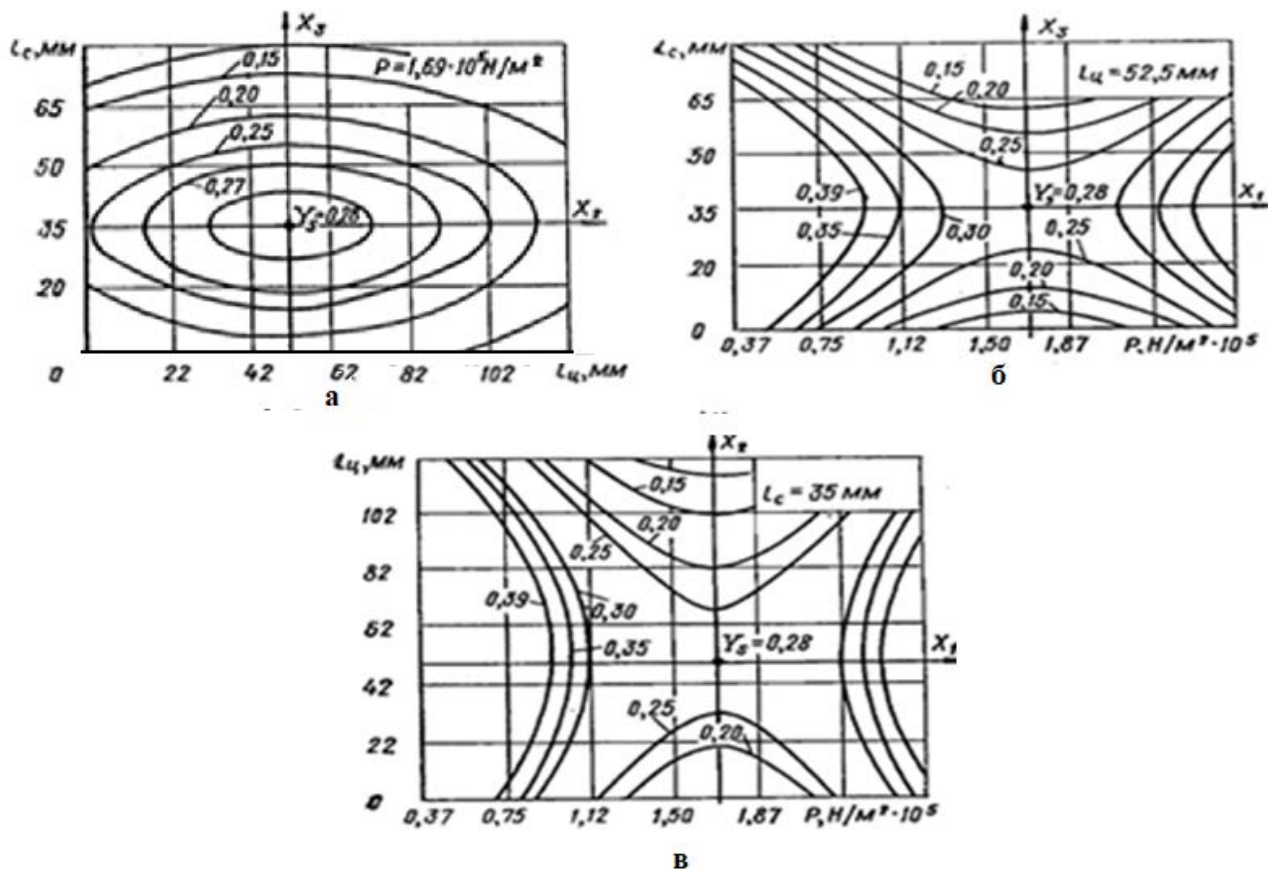


Рис 2. Графічні номограми двовірних перерізів поверхонь віддуку для інженерних розрахунків оптимальних режимів роботи аеродинамічного захоплювача швейного маніпулятора для деталей крою сорочкової групи

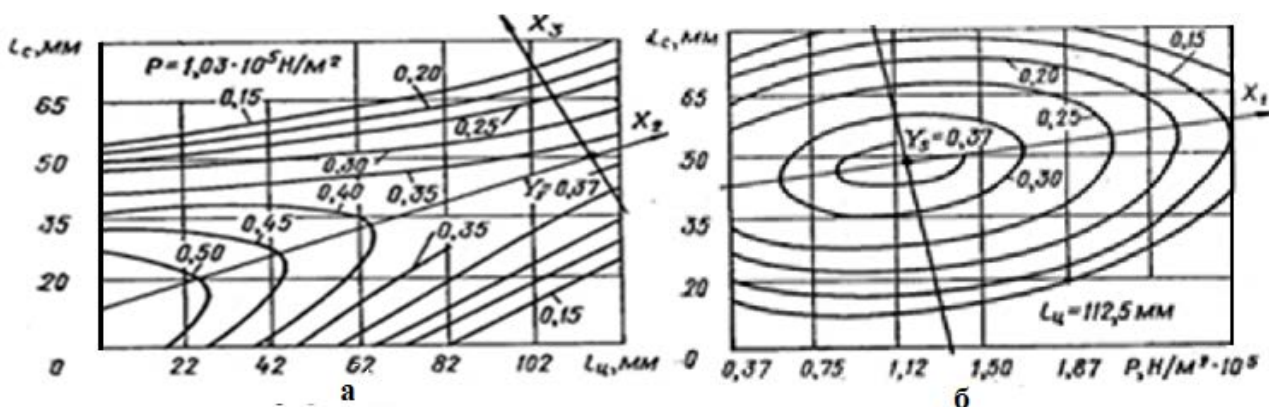


Рис 3. Графічні номограми двовірних перерізів поверхонь віддуку для інженерних розрахунків оптимальних режимів роботи аеродинамічного захоплювача швейного маніпулятора для деталей крою костюмної групи

На рис. 4 наведені графічні номограми двовірних перерізів поверхонь віддуку для інженерних розрахунків оптимальних режимів роботи аеродинамічного захоплювача швейного маніпулятора для деталей крою пальтової групи.

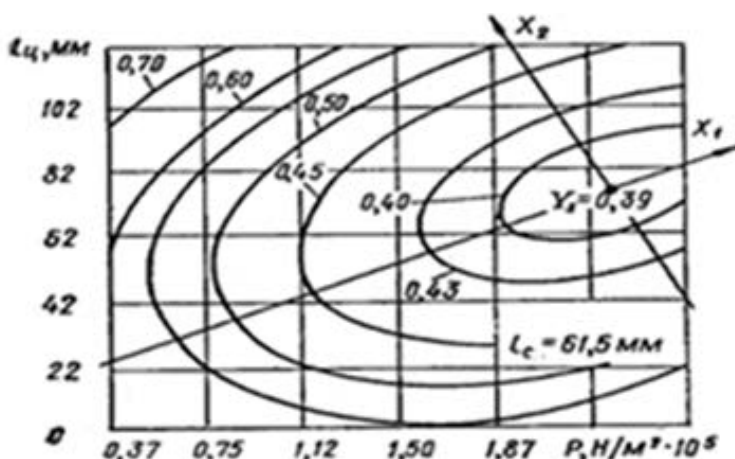


Рис. 4. Графічна номограма двовірних перерізів поверхонь відгуку для інженерних розрахунків оптимальних режимів роботи аеродинамічного захоплювача швейного маніпулятора для деталей крою пальтової групи

На рис. 4. для екстремального значення $\hat{Y}_S = 0,39$ (таблиця 1) наведено графічну номограму $l_c(p)$ при $l_c = 61,5 \text{ мм} = \text{const}$ для тканин пальтової групи. Величина знайдених значень екстремальних параметрів критерію оптимізації $\hat{Y}_{S_{\text{opt}}} = 0,39$ для деталей крою пальтової групи значення екстремуму функцій зменшується по двох осях поверхонь відгуку типу еліпсоїда.

Висновки. Побудовані графічні номограми (рис. 2–4) для інженерних розрахунків прийнятого критерія оптимізації Y_S процесу поштучного відділення деталей крою сорочкової, костюмної і пальтової груп від пачки при деяких обмеженнях, що накладаються на один із керованих факторів, не вдаючись до громіздких розрахунків за рівняннями (4)–(6) для аеродинамічних захоплювачів швейних маніпуляторів.

Наведені номограми також можуть бути використані при проектуванні теоретичних циклограм роботи швейних машин з модулями автоматичного завантаження деталей крою з текстилю розміром до 300 x 150 мм. При цьому для дослідженого процесу цільову функцію $Y(p, l_c, l_c) \rightarrow \min$ потрібно погоджувати з часом виконання технологічних операцій сточування/обметування швейного виробу за необхідною довжиною та кривизною ниткового шва. Також отримані графічні номограми доцільно використовувати для інженерних розрахунків конструктивних параметрів та інших струменевих пневматичних пристроїв.

References

Література

1. Pyshchikov, V. O., Orlovsky, B. V. (2007). *Proektuvannia shveinykh mashyn* [Design of sewing machines]. Kyiv: Format. 320 p. URL: <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/4514> [in Ukrainian].
1. Пищиков В. О., Орловський Б. В. *Проектування швейних машин*. К.: Формат, 2007. 320 с. URL: <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/4514>.
2. Orlovsky, B. V., Abrinova, N. S. (2013). *Tekhnolohichne obladnannia haluzi (shveine vyrobnytstvo)* [Technological equipment of the industry (sewing industry)]. Kyiv: KNUTD. 285 p. URL: <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/4513> [in Ukrainian].
2. Орловський Б. В., Абрінова Н. С. *Технологічне обладнання галузі (швейне виробництво)*. К.: КНУТД, 2013. 285 с. URL: <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/4513>.
3. Patent Ukraina na vynakhid 126711 Shveina mashyna iz zakhvatom manipulatora detalei kroiu shveinykh vyrobiv [Patent of Ukraine for the invention No. 126711 Sewing machine with manipulator gripper for cutting parts of sewing products]. IPC (2022.01) B65H 3/00; B65H 1/04
3. Патент Україна на винахід 126711 Швейна машина із захватом маніпулятора деталей крою швейних виробів. МПК (2022.01), B65H 3/00, B65H 1/04 (2006.01), B65H 5/00, D06H 7/00. Б. В. Орловський, М. В. Місяць;

- (2006.01); B65H 5/00; D06H 7/00. B. V. Orlovskiy, M. V. Mysiats. Date of publication of information on state registration and Bulletin number: 11.01.2023, Byul. No. 2 [in Ukrainian].
4. Orlovsky, B. V., Misiats, M. V. (2022). Porivnialnyi analiz funktsionalno-adekvatnykh zakhvativ manipulatoriv zavantazhennia shveinykh mashyn detaliamy kroiu z tekstyliu [Comparative analysis of functionally adequate grips of manipulators for loading sewing machines with textile cut parts]. *Tekhnolohii ta inzhynirynh = Technologies and engineering*, No. 2, P. 31–45. <https://doi.org/10.30857/2786-5371.2022.2.3> [in Ukrainian].
5. Misiats, M. V., Orlovskiy, B. V. (2024). Analitichna model i rozrakhunky aerodynamichnoho zakhopliuvacha detalei kroiu z tekstyliu zi stosu manipulatoriv zavantazhennia shveinykh mashyn [Analytical model and calculations of an aerodynamic grabber of cut textile parts from a pile of sewing machine loading manipulators]. *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Seriya: Tekhnichni nauky = Bulletin of the Khmelnytskyi National University. Series: Technical sciences*, No. 1, P. 281–290. DOI: 10.31891/2307-5732-2024-331-43 [in Ukrainian].
6. Montgomery, D. C. (2012). Design and analysis of experiments. Eighth edition. 725 p.
7. Burdick, R. K., Borrer, C. M., Montgomery, D. C. (2003). A Review of Methods for Measurement Systems Capability Analysis. *Journal of Quality Technology*, Vol. 35, No. 4, P. 342–354. DOI: 10.12913/22998624/165881.
8. Mason, R. L., Gunst, R. F., Hess, J. L. (2003). Statistical Design and Analysis of Experiments: With Applications to Engineering and Science. First published. John Wiley & Sons, Inc. DOI:10.1002/0471458503.
9. Krivoplias-Volodyna, L. O. (2019). [Multi-criteria synthesis of mechatronic functional modules of food packaging machines: dissertation. dr. technical of science 05.18.12]. Kyiv: NUHT. 457 p. [in Ukrainian].
10. Berger, P. D., Maurer, R. E. (2001). Experimental Design: With Applications in Management, Engineering, and the Sciences. 1st ed. Duxbury Press. 528 p.
11. Kume, H., Higuchi, K. Statistical Methods for Quality Improvement.
12. Hinkelmann, K., Kempthorne, O. Design and Analysis of Experiments. Vol. 1: Introduction to Experimental Design.
13. Brown, S. R., Tsai, L. H. Experimental Design and Analysis.
- володілець Київський національний університет технології та дизайну. № а 2020 07683; заявл. 03.12.2020; опублік. 11.01.2023, Бюл. № 2. 6 с.
4. Орловський Б. В., Місяць М. В. Порівняльний аналіз функціонально-адекватних захватів маніпуляторів завантаження швейних машин деталями крою з текстилю. *Технології та інжиніринг*. 2022. № 2. С. 31–45. <https://doi.org/10.30857/2786-5371.2022.2.3>.
5. Місяць М. В., Орловський Б. В. Аналітична модель і розрахунки аеродинамічного захоплювача деталей крою з текстилю зі стосу маніпуляторів завантаження швейних машин. *Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Технічні науки*. 2024. № 1. С. 281–290. DOI: 10.31891/2307-5732-2024-331-43.
6. Montgomery D. C. Design and analysis of experiments. Eighth edition. Wiley, 2012. 725 p.
7. Burdick R. K., Borrer C. M., Montgomery D. C. A Review of Methods for Measurement Systems Capability Analysis. *Journal of Quality Technology*. 2003. Vol. 35, No. 4. P. 342–354. DOI: 10.12913/22998624/165881.
8. Mason R. L., Gunst R. F., Hess J. L. Statistical Design and Analysis of Experiments: With Applications to Engineering and Science. First published. John Wiley & Sons, Inc., 2003. DOI:10.1002/0471458503.
- 9.Кривопляс-Володина Л. О. Багато-критеріальний синтез мехатронних функціональних модулів машин пакування харчових продуктів: дис. докт. техн. наук. 05.18.12. Київ: НУХТ, 2019. 457 с.
10. Berger P. D., Maurer R. E. Experimental Design: With Applications in Management, Engineering, and the Sciences. 1st ed. Duxbury Press, 2001. 528 p.
11. Kume H., Higuchi K. Statistical Methods for Quality Improvement.
12. Hinkelmann K., Kempthorne O. Design and Analysis of Experiments. Vol. 1: Introduction to Experimental Design.
13. Brown S. R., Tsai L. H. Experimental Design and Analysis.

14. Onyiah, L. C., Faraway, J. J. Design and Analysis of Experiments: Classical and Regression Approaches with SAS.
15. Kaplan, H. I., Lombard, A. J. Experimental Design and Analysis.
16. Lawson, J. Design and Analysis of Experiments with R.
17. Myers, R. H., Montgomery, D. C., Anderson-Cook, C. M. Response Surface Methodology: Process and Product Optimization Using Designed Experiments.
18. Nocedal, J., Wright, S. J. (1999). Numerical optimization (Springer series in operations research). Springer. 651 p.
19. Orlovskiy, B. V., Mysiat, M. V. (2023). Aerodynamichniy zakhvat manipulatora detalei kroiu z tekstyliu [Aerodynamic grip of the manipulator of textile cut parts]. *XIII international scientific and practical conference "Complex quality assurance of technological processes and systems"*. Chernihiv Polytechnic National University, Vol. 1, P. 297–298. URL: <https://conference-chnihiv-polytechnik.com/wp-content/uploads/2023/06/Tezy-2023-Part-1.pdf> [in Ukrainian].
20. Orlovskiy, B. V., Mysiat, M. V. (2022). Parametrychniy analiz i syntezy vyboru zakhvativ manipulatoriv detalei kroiu z tekstyliu [Parametric analysis and synthesis of the selection of manipulators of textile cut details]. *XII international scientific and practical conference "Complex quality assurance of technological processes and systems"*. Chernihiv Polytechnic National University, Vol. 1, P. 209–212 [in Ukrainian].
21. Orlovskiy, B. V., Mysiat, M. V. (2022). Rozrobka eksperymentalnoi ustanovky dlia doslidzhennia zakhvatu manipulatora detalei kroiu z tekstyliu [Development of an experimental setup for researching the grip of a manipulator of textile cut parts]. *Mechatronic systems: innovations and engineering: abstracts of reports of the VI international scientific and practical conference* (MSIE 2022, November 21, 2022). Kyiv: KNUITD. P. 33–34. [in Ukrainian].

14. Onyiah L. C., Faraway J. J. Design and Analysis of Experiments: Classical and Regression Approaches with SAS.
15. Kaplan H. I., Lombard A. J. Experimental Design and Analysis.
16. Lawson J. Design and Analysis of Experiments with R.
17. Myers R. H., Montgomery D. C., Anderson-Cook C. M. Response Surface Methodology: Process and Product Optimization Using Designed Experiments.
18. Nocedal J., Wright S. J. Numerical optimization (Springer series in operations research). Springer, 1999. 651 p.
19. Орловський Б. В., Місяць М. В. Аеродинамічний захват маніпулятора деталей крою з текстилю. *XIII міжнародна науково-практична конференція «Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем»*. Чернігів: Національний університет «Чернігівська політехніка», 2023. Т. 1. С. 297–298. URL: <https://conference-chnihiv-polytechnik.com/wp-content/uploads/2023/06/Tezy-2023-Part-1.pdf>.
20. Орловський Б. В., Місяць М. В. Параметричний аналіз і синтез вибору захватів маніпуляторів деталей крою з текстилю. *XII міжнародна науково-практична конференція «Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем»*. Чернігів: Національний університет «Чернігівська політехніка», 2022. Т. 1. С. 209–212.
21. Орловський Б. В., Місяць М. В. Розробка експериментальної установки для дослідження захвату маніпулятора деталей крою з текстилю. *Мехатронні системи: інновації та інжиніринг: тези доповідей VI міжнародної науково-практичної конференції* (MSIE 2022, 21.11.2022). Київ: КНУІТД, 2022. С. 33–34.

MISIATS MICHAEL

Graduate student,
Department Mechanical Engineering,
Kyiv National University of Technologies
and Design, Ukraine
<https://orcid.org/0009-0008-0354-5360>
E-mail: Mischalke@i.ua

ORLOVSKY BRONISLAV

Doctor of Technical Sciences, Professor,
Department of Mechanical Engineering,
Kyiv National University of Technologies
and Design, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-7422-6000>
Scopus Author ID: 57190119942
E-mail: mlp-knutd@ukr.net

MISIATS M. V., ORLOVSKY B. V.

Kyiv National University of Technologies and Design, Ukraine

PARAMETRIC SYNTHESIS AND OPTIMIZATION OF THE PARAMETERS OF THE AERODYNAMIC GRIPPER OF CUT DETAILS FROM THE STACK OF TEXTILE FOR AUTOMATED SEWING MACHINES LOADING

Goal. Automation of loading sewing machines with cut parts on the basis of parametric synthesis in order to optimize the process of individual separation of cut parts from a pack by the aerodynamic grabber of a sewing manipulator and to determine the most rational combination of parameters that characterize the criterion for optimizing the basing of textile cut parts relative to their center of mass and one of the design parameters of the aerodynamic sewing manipulator gripper plates.

The methodology. In order to optimize the process of individual separation of cut textile parts from a bundle, the method of planning theory and analysis of a multi-factor experiment was applied for the proposed generalized indicator of the quality of constructed experimental-statistical models and to determine the extreme values of the parameters of the individual separation process using the aerodynamic method and the dyad device "sewing manipulator grabber – textile cut detail" with the most rational combination of significant parameters.

Result. To optimize the process of piece-by-piece separation of textile cut parts from a bundle with an aerodynamic gripper, an experimental setup was developed and a numerical experiment was performed. Graphical nomograms of two-dimensional cross-sections of the response surfaces of the target function for engineering calculations of design parameters and the work process of the aerodynamic gripper of the sewing manipulator for loading machines with cut parts from textiles of various groups of sewing products were constructed. Graphical interpretation and numerical calculations of the obtained formulas and mathematical models were performed to optimize the process of individual separation of textile cut parts from a pack using an aerodynamic method and a device for designing a mechanical-technological pair "sewing manipulator gripper - textile cut part" with the most rational combination of parameters that characterize the process of basing textile cut parts relative to their center of mass and one of the design parameters of the aerodynamic plate of the sewing manipulator gripper.

Scientific novelty: it consists in revealing the regularities of the optimization of the parameters of the aerodynamic grabber of textile cut parts from the stack for automated loading of sewing machines according to the results of the central rotatable composite plan of the 2nd order experiment (TsRKPE-2) at the adjusted zero levels of the controlled parameters $p = 1.5 \cdot 10^5 \frac{H}{M^2}$ (Pa), $l_{ш} = 62,5$ mm, $l_c = 35,0$ mm and the realized 20x8 TsRKPE-2 matrix (20 series of experiments with 8 repetitions each). Statistical evaluations were carried out, which made it possible to obtain adequate 2nd-order mathematical models for the process of individual separation of textile cut parts from a stack for three optimization criteria Y_c , Y_k , Y_p – the duration of the cycle of individual separation from a stack of cut parts from shirt suit and coat group fabrics.

Practical significance: a method of parametric synthesis was developed to determine the optimal parameters of the aerodynamic grabber and the cycle of individual separation of textile cut parts from the pile based on theoretical justification and experimental research of the interaction of the working environment with the cut parts of the shirt, coat and suit group.

Keywords: parametric synthesis; optimization; grabber; sewing manipulator; statistical models; graphic nomograms; textile cut details.