

УДК 687.05

О.С. ПОЛІЩУК, А.К. КАРМАЛІТА

Хмельницький національний університет

О.П. БУРМІСТЕНКОВ

Київський національний університет технологій та дизайну

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИСТРОЮ З ЕЛЕКТРОМАГНІТНИМ ПРИВОДОМ ДЛЯ ВИКОНАННЯ ОПЕРАЦІЙ МАРКУВАННЯ ТА КЛЕЙМУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ ОДЯГУ ТА ВЗУТТЯ

У статті приведено фізичну та математичну модель виконання технологічних операцій маркування та клеймування деталей одягу та взуття на пристрої з електромагнітним приводом, здійснюється розробка його конструкції, виконуються експериментальні дослідження та приводяться їх результати.

Ключові слова: легка промисловість; деталі одягу та взуття; операція маркування та клеймування; лінійний електромагнітний двигун.

О.С. ПОЛИЩУК, А.К. КАРМАЛИТА

Хмельницкий национальный университет

А.П. БУРМИСТЕНКОВ

Киевский национальный университет технологий и дизайна

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТРОЙСТВА С ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ПРИВОДОМ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ОПЕРАЦИЙ МАРКИРОВКИ И КЛЕЙМЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ОДЕЖДЫ И ОБУВИ

В статье приведено физическую и математическую модель выполнения технологических операций маркировки и клеймения деталей одежды и обуви на устройстве с электромагнитным приводом, осуществляется разработка его конструкции, выполняются экспериментальные исследования и приводятся их результаты.

Ключевые слова: легкая промышленность; детали одежды и обуви; операция маркировки и клеймения; линейный электромагнитный двигатель.

O.S. POLISHCHUK, A.K. KARMALITA

Khmelnytskyi National University

A.P. BURMISTENKOV

Kyiv National University of Technologies and Design

RESEARCH OF DEVICE WITH ELECTROMAGNETIC DRIVE FOR IMPLEMENTATION OF OPERATIONS OF MARKING AND STAMPING OF DETAILS OF CLOTHING AND SHOE

The article presents a physical and mathematical model for the implementation of technological operations marking and stamping of details of clothing and shoe on the device with an electromagnetic drive, development of its construction is carried out, experimental research is carried out and the results are given

Key words: light industry; details of clothes and shoes; operation of marking and stamping; linear electromagnetic motor.

Постановка проблеми

В промисловості відбуваються невиправдані втрати енергії. Однією з головних причин втрат енергії в легкій промисловості є недосконалість обладнання з точки зору енергетичних витрат. Особливо це відноситься до таких частин обладнання, як приводи. Невідповідність типу обладнання, режиму його роботи, потужності та інших характеристик параметрам технологічної операції, яка виконується на обладнанні, приводить до значних втрат енергії [1].

Створення високоефективного пристрою з лінійним електромагнітним двигуном, яке дає змогу споживати електричну енергію тільки під час виконання технологічних операцій маркування та клеймування, є актуальним завданням і представляє інтерес для галузі легкої промисловості.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Швейна, взуттєва, трикогажна і шкіряно-галантерейна галузі легкої промисловості мають специфічні технологічні операції, що відрізняють одну галузь від іншої, але широко використовуються операції, аналогічні для всіх галузей і виконуються вони на обладнанні (пресах) зі зворотно - поступальним рухом робочих органів. До таких операцій можна віднести: вирубання та перфорацію деталей взуття, одягу та шкіряно-галантерейних виробів; маркування, клеймування та тиснення; встановлення металевої фурнітури і т.п. [1]. Дані операції припускають взаємодію робочих органів обладнання з матеріалами, що мають різні фізико - механічні властивості. Взаємодія носить ударний характер: в окремих випадках виконавчий орган преса повинен розрізати матеріал або зробити в ньому отвори, а в інших залишити слід на поверхні (тиснення) не руйнуючи матеріал.

Обладнання ударної дії повинно забезпечити умови для регулювання сили удару. Традиційно ударний ефект досягається на устаткуванні, що використовує пневматичний, гідравлічний і електромеханічний приводи, які мають певні переваги і недоліки. Для всіх приводів характерне багатоступеневе перетворення електричної енергії в механічну енергію робочого органу. Однак найбільш високий коефіцієнт корисної дії має електромеханічний привід, який забезпечує можливість вирішення різних технологічних завдань на одному і тому ж обладнанні, але складність перетворення електричної енергії в механічну енергію удару (наявність додаткових кінематичних ланок), знижує енергетичну ефективність такого обладнання. Крім того, загальним недоліком всіх приводів є те, що вони споживають електричну енергію під час холостого ходу, а так само під час завантаження і розвантаження з обладнання предметів обробки.

Тому актуальним завданням є створення обладнання з зворотно-поступальним рухом робочих органів, для виконання технологічних операцій легкої промисловості, на основі безпосереднього перетворення електричної енергії в механічну енергію руху робочих органів. Таке перетворення електричної енергії може бути здійснено за допомогою лінійних електричних двигунів (ЛЕД) різного типу.

На даний час досліджено та розроблено обладнання з ЛЕД в якості приводу для виконання операцій вирубування та перфорації деталей одягу та взуття, встановлення металевої фурнітури, але не досліджено виконання на ньому операцій маркування та клеймування [1, 2, 3].

Формулювання мети дослідження

Мета статті – описання розробки пристрою з електромагнітним приводом для виконання операцій маркування та клеймування деталей одягу та взуття та проведення теоретичних та експериментальних досліджень виконання даних операцій на ньому.

Викладення основного матеріалу дослідження

Клеймування – самий простий спосіб маркування, зазвичай здійснюється ударом металевого клейма, встановленого в пресі по матеріалу. Тому в подальшому буде розглядатися операція клеймування як різновид операції маркування.

Дослідження пристрою з електромагнітним приводом для виконання операції клеймування складається з аналітичного та експериментального.

Описання аналітичного дослідження виконання даної операції на пристрої з лінійним електромагнітним двигуном (ЛЕМД) в якості приводу.

Фізична модель процесу виконання технологічної операції клеймування на пристрої з ЛЕМД.

Головна рухома частина пристрою - якір лінійного електромагнітного двигуна. Тому в першу чергу необхідно проаналізувати сили, які діють на нього в процесі виконання технологічної операції клеймування, що використовує ударний ефект. На рис.1 розглянуто сили, що виникають в системі пристрій – робочий інструмент (клеймувальна головка) – деталь – плита.

Всі сили умовно було поділено на дві групи [1]. До першої віднесено сили, які рухають якір і зв'язані з ним виконавчі органи в напрямку зменшення робочого повітряного зазору. До другої групи було віднесено сили опору руху якоря. Рушійними силами є електромагнітна сила $F_{ел}$, яка виникає в двигуні та вага якоря і зв'язаних з ним інших рухомих частин Q . Сили опору в свою чергу розділяються на дві категорії.

До першої відносяться сили корисних опорів. При виконанні операції клеймування виконавчим органом є ударник із закріпленою до нього клеймувальною головою, яка діє на матеріал. Корисною силою опору при виконанні даної операції є сила клеймування $F_{кл}$.

До другої групи відносяться сили шкідливих опорів. Шкідливими силами опору вважаються пружні сили пружини $F_{пр}$ та сила тертя $F_{тер}$, яка виникає в направляючих якоря.

Сила інерції F_{in} на дільниці розгону якоря до точки x_2 є силою опору і має від'ємне значення. З моменту, коли починається виконання технологічної операції клеймування, сила F_{in} змінює знак і є рушійною силою до точки x_3 .

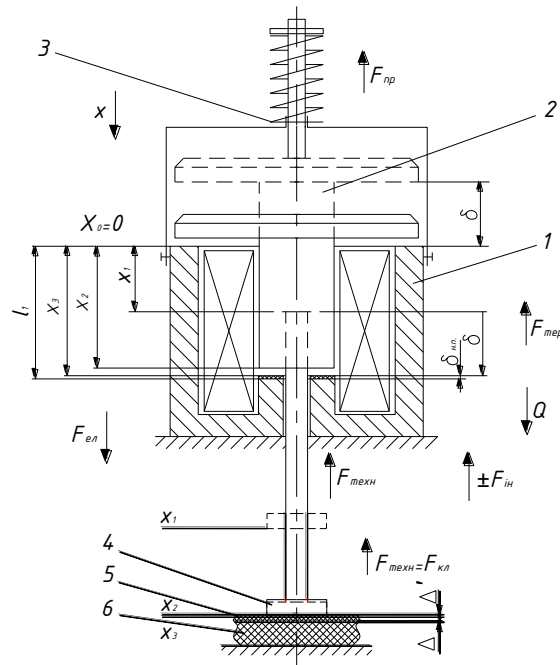


Рис. 1. Схема для визначення сил, що виникають в системі пристрій – робочий інструмент – деталь – плита, при виконанні технологічної операції клеймування: 1- лінійний електромагнітний двигун; 2- якорь; 3-пружина; 4-клеймувальна головка; 5-деталь; 6-плита; Δ' - величина занурення клеймувальної головки в матеріал δ - величина робочого повітряного зазору; $\delta_{н.п.}$ - товщина немагнітної амортизаційної прокладки; x - координата миттєвого положення якоря; x_0 - початок координат; x_1 - координата старту якоря; x_2 - координата початку клеймування; x_3 - координата кінця клеймування; l_1 - конструктивний параметр

Математична модель процесу клеймування на пристрої з ЛЕМД.

При складанні математичної моделі технологічного процесу клеймування на пристрої з електромагнітним приводом приймаємо наступні припущення: лінійний електромагнітний двигун ненасичений; струм, який протікає через обмотку постійний; після закінчення виконання технологічної операції клеймування ударник із закріпленою клеймувальною головкою повністю витрачає накопичену кінетичну енергію; при взаємодії клеймувальної головки з матеріалом технологічне зусилля зростає пропорційно.

Складемо математичну модель руху якоря електромагнітного пристрою під час виконання технологічної операції. Для цього розглянемо рівняння руху якоря на дільницях $x_1 - x_2$ і $x_2 - x_3$.

На дільниці $x_1 - x_2$ якорь під дією електромагнітної сили $F_{ел}$ починає рух з точки x_1 (рис.1) до точки x_2 . На нього діють, крім $F_{ел}$ сила пружини $F_{пру}$, сила тертя $F_{тер}$, сила інерції $F_{ин}$ та вага якоря Q . На цій дільниці енергія, яка споживається з мережі, частково використовується на виконання роботи по переборенню сил $F_{пру}$ і $F_{ин}$ та на зміну енергетичного стану електромагнітного двигуна, тобто приходить накопичення кінетичної енергії.

Використовуючи принцип Даламбера запишемо для даної дільниці рівняння руху якоря [1].

$$F_{ин} = F_{ел} - F_{пру} - F_{тер} + Q. \quad (1)$$

Дільниця $x_2 - x_3$. В момент x_2 починається виконання технологічної операції. На даній дільниці на якір діють ті ж самі сили, що і на дільниці $x_1 - x_2$. Але до існуючих протидіючих сил F_{np} та $F_{мер}$ добавляється технологічне зусилля клеймування $F_{кл}$. З цього моменту сила інерції $F_{ін}$ буде направлена в протилежну сторону порівняно з дільницею $x_1 - x_2$, тому що якір починає рухатися з гальмуванням. Електрична енергія, що споживається з мережі, частково використовується на виконання корисної роботи та на подолання сил шкідливих опорів. Запишемо рівняння руху якоря:

$$-F_{ін} = -F_{кл} + F_{ел} - F_{np} - F_{мер} + Q. \quad (2)$$

Відповідно до закону збереження енергії можна записати [1]:

$$E_k = A_{p.c.} + A_{к.с.} + A_{ш.о.}, \quad (3)$$

де E_k – кінетична енергія машини; $A_{p.c.}$ – робота рухомих сил; $A_{к.с.}$ – робота сил корисних опорів; $A_{ш.о.}$ – робота сил шкідливих опорів.

Робота електромагнітної сили ЛЕМД:

$$A_{ел} = \int \mu S w^2 I^2 \frac{1}{(l_1 - x)^2} dx \quad (4)$$

де I – струм, який протікає через обмотку двигуна; μ – магнітна проникливість робочого зазору; S – площа робочого зазору; w – кількість витків; l_1 – конструктивний параметр; x – координата положення якоря в процесі його руху.

Робота сили пружності пружини зворотного ходу якоря [1]:

$$A_{np} = \int kx dx, \quad (5)$$

де k – жорсткість пружини.

Робота сили тертя:

$$A_{мер} = \int F_{мер} dx. \quad (6)$$

Робота сил ваги рухомих частин преса:

$$A_{ваги} = \int mg dx, \quad (7)$$

де m – маса рухомих частин електромагнітного преса.

Робота сил клеймування:

$$A_{кл} = \int F_{кл}' dx \quad (8)$$

де $F_{кл}'$ – миттєве значення сил клеймування.

Наближене значення максимальної сили клеймування різних деталей і виробів можна визначити за формулою:

$$F_{кл.макс.} = S_n q k_v. \quad (9)$$

де S_n – площа проекції робочого торця клейма; q – питомий опір матеріалу силової дії; k_v – коефіцієнт, який враховує швидкість процесу клеймування.

Повна робота сили клеймування $A_{кл}$ (дільниця $x_2 - x_3$) дорівнює площі ΔABC .

Закон зміни технологічного зусилля на даній дільниці опишемо рівнянням прямої, що проходить через дві точки (рис.2):

$$\frac{x - x_2}{x_3 - x_2} = \frac{F_{кл}}{F_{кл.макс.}} \quad (10)$$

Врахувавши, що $x_3 = l_1$ і $x_2 = l_1 - \Delta' + k_v \Delta'$ та зробивши необхідні перетворення в рівнянні (10) отримаємо:

$$F_{кл} = \frac{F_{кл.макс.} (x - l_1 + \Delta' - k_v \Delta')}{\Delta' - k_v \Delta'} \quad (11)$$

Тоді робота на даній дільниці дорівнює:

$$A_{кл} = \int \frac{F_{кл.макс.} (x - l_1 + \Delta' - k_v \Delta')}{\Delta' - k_v \Delta'} dx \quad (12)$$

$$A_{кл} = \int \frac{S_n q k_v (x - l_1 + \Delta' - k_v \Delta')}{\Delta' - k_v \Delta'} dx \quad (13)$$

Повна робота сили тяги електромагнітного двигуна $A_{ел}$ (дільниця $x_1 - x_3$) складається з роботи $A_{ел1}$ (дільниця $x_1 - x_2$) та роботи $A_{ел2}$ (дільниця $x_2 - x_3$) (рис.3).

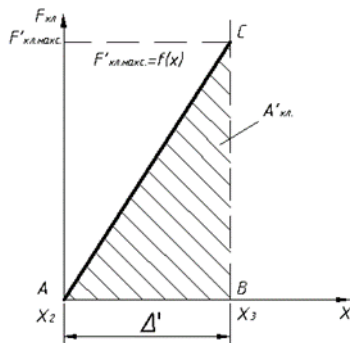


Рис. 2. Розрахункова схема по визначенню роботи клеймування

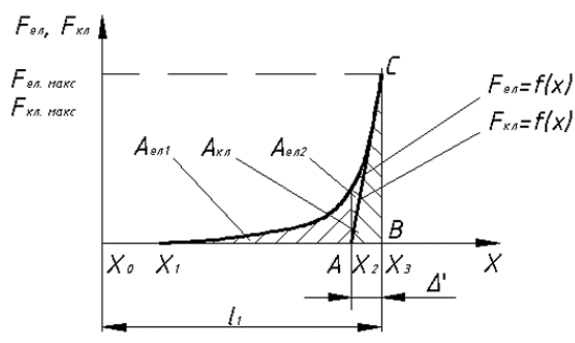


Рис. 3. Розрахункова схема по визначенню роботи сили тяги електромагнітного двигуна

Відповідно до цього запишемо:

$$A_{ел} = A_{ел1} + A_{ел2} \quad (14)$$

Визначимо роботу $A_{ел1}$. Відповідно до рівняння (3), рух якоря на дільниці $x_1 - x_2$ можна описати рівнянням:

$$\frac{m_1 V_1^2}{2} - \frac{m_1 V_0^2}{2} = A_{ел1} - A_{пр} - A_{тер} + A_{ваги} \quad (15)$$

де m_1 – маса якоря; V_0 – швидкість якоря в момент початку руху; V_1 – швидкість якоря в момент початку виконання технологічної операції.

Визначимо роботу, яку повинен виконати ЛЕМД на першій ділянці при умові, що початкова швидкість руху якоря $V_0 = 0$:

$$A_{ел1} = A_{np} + A_{мер} - A_{ваги} + \frac{m_1 V_1^2}{2}. \quad (16)$$

Підставивши формули (4-7) в формулу (18) отримаємо:

$$\int \mu S w^2 I^2 \frac{1}{(l_1 - x)^2} dx = \int k x dx + \int F_{мер} dx - \int m g dx + \frac{m_1 V_1^2}{2}. \quad (17)$$

Визначимо роботу $A_{ел2}$. Відповідно до рівняння (3), рух якоря на ділянці $x_2 - x_3$ можна описати рівнянням:

$$\frac{(m_1 + m_2) V_2^2}{2} - \frac{(m_1 + m_2) V_1^2}{2} = A_{ел2} - A_{np} - A_{мер} + A_{ваги} - A_{кл}, \quad (18)$$

де m_2 – маса клеймувальної головки.

Вважаємо, що режим роботи преса підібраний таким чином, що при закінченні виконання технологічної операції ЛЕМД повністю витрачає накопичену кінетичну енергію на першій ділянці. Визначимо роботу, яку повинен виконати ЛЕМД на другій ділянці при умові, що кінцева швидкість руху якоря $V_2 = 0$:

$$A_{ел2} = A_{np} + A_{мер} - A_{ваги} + A_{кл} - \frac{(m_1 + m_2) V_1^2}{2}. \quad (19)$$

Підставивши формули (4-8) в формулу (19), отримаємо:

$$\int \mu S w^2 I^2 \frac{1}{(l_1 - x)^2} dx = \int k x dx + \int F_{мер} dx - \int (m_1 + m_2) g dx + \int F_{кл}' dx - \frac{(m_1 + m_2) V_1^2}{2} \quad (20)$$

Визначимо повну роботу сили тяги електромагнітного двигуна $A_{ел2}$, коли робота сили клеймування $F_{кл}$ визначається для матеріалів, в яких технологічне зусилля зростає прямо пропорційно.

Підставивши у вираз (14) вирази (17), (20), з врахуванням (13) та координат початку і кінця ділянок $x_1 - x_2$ та $x_2 - x_3$, проінтегрувавши його ліву і праву частину та зробивши необхідні перетворення, отримаємо:

$$\begin{aligned} \mu S w^2 I^2 \left(\frac{1}{(l_1 - x_3)^2} - \frac{1}{(l_1 - x_1)^2} \right) &= \frac{1}{2} k (x_3^2 - x_1^2) + F_{мер} (x_3 - x_1) - \frac{m_2 V_1^2}{2} - m_1 g (x_2 - x_1) - \\ &- (m_1 - m_2) g (x_3 - x_2) + \frac{1}{2} S_n q k_v \left(\frac{x_3 (x_3 - 2l_1 + 2\Delta' - 2k_v \Delta') - x_1 (x_1 - 2l_1 + 2\Delta' - 2k_v \Delta')}{\Delta' (-1 + k_v)} \right) \end{aligned} \quad (21)$$

Формула (21) є математичною моделлю технологічного процесу клеймування на електромагнітному пристрої різних марок матеріалів. Дана математична модель зв'язує властивості матеріалу, параметри інструмента, швидкість клеймування, з однієї сторони та геометричні і енергетичні параметри електромагнітного двигуна, з іншої. Вона дозволяє виконати інженерні розрахунки ЛЕМД в залежності від даної технологічної операції.

Експериментальне дослідження виконання операції клеймування на пристрої з ЛЕМД.

З метою експериментального дослідження виконання операції клеймування було проведено розробку пристрою з електромагнітним приводом для її виконання. При обґрунтуванні вибору конструкції пристрою з ЛЕМД в якості приводу призначеного для виконання даної технологічної операції в першу чергу необхідно було вибрати його раціональну магнітну систему, тобто підібрати найбільш ефективний тип ЛЕМД.

Лінійні електромагнітні двигуни відрізняються від інших типів лінійних електричних двигунів великою різновидністю конструкцій, габаритними розмірами, споживаною енергією, видом тягових характеристик, а також діапазоном створюваних зусиль і переміщень. В основному в технічній літературі їх класифікують за наступними ознаками: в залежності від конструктивного виконання, способу живлення, напрямку магнітного потоку тощо [1].

Для пристрою, що розробляється було вибрано лінійний електромагнітний двигун δ -типу з комбінованим якорем та стопом [1].

Для зняття і фіксування експериментальних величин використано експериментальну установку для дослідження машин та технологічних операцій легкої промисловості, розроблену на кафедрі машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем [4]. Можливості даної установки дозволяють проводити вимірювання механічних, технологічних, електричних та інших параметрів різних технічних систем та технологічних операцій.

Для проведення експерименту було використано інформаційні технології «National Instruments», а саме програмне забезпечення LabVIEW 8.5 – мова графічного програмування, в якому для створення додатків використовуються графічні образи замість традиційного текстового коду.

На рис.4 приведено розроблену установку для дослідження технологічних операцій маркування чи клеймування деталей одягу та взуття.

При проведенні операції маркування та клеймування на швейних підприємствах, особливо при появі нових матеріалів, постає задача вибору оптимальних параметрів даної технологічної операції. Тому при дослідженні визначався один з найважливіших параметрів, а саме зусилля клеймування. Від правильно підбраного зусилля клеймування деталей виробу в подальшому залежить його якість.

З метою якісного виконання експериментальних досліджень необхідно розробити методику їх проведення. В першу чергу необхідно проаналізувати фактори, що впливають на виконання технологічної операції клеймування.

При вирішенні багатьох інженерних задач встановлюють зв'язок між k аргументами x_1, x_2, \dots, x_k і залежною від них величиною y . Такий метод був застосований і нами.

Якісне виконання даної операції залежить від технологічного зусилля. В даному випадку це буде зусилля клеймування $F_{кл}$. Проаналізувавши параметри лінійного електромагнітного двигуна та технологічної операції, можна зробити висновок, про те що зусилля клеймування залежить від наступних факторів: напруги живлення ЛЕМД $U_{жс}$; робочого зазору між клеймувальною головкою та деталлю взуття.

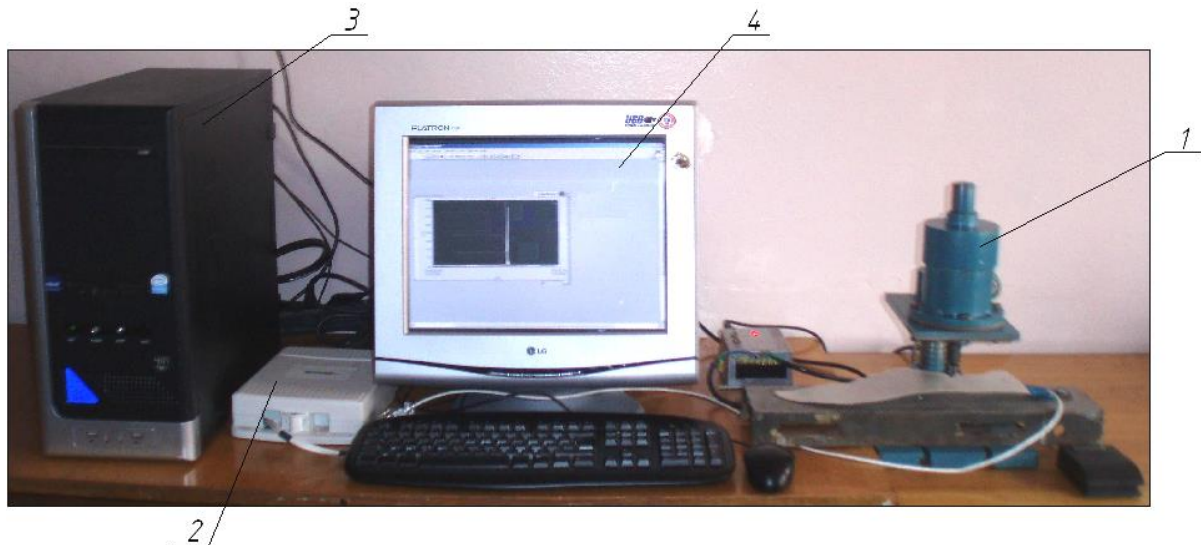


Рис. 4. Експериментальна установка для дослідження технологічної операції маркування:
1 – пристрій з електромагнітним приводом для виконання операції клеймування та маркування; 2
– блок узгодження сигналів; 3 – ЕОМ з вмонтованою платою збору даних; 4 – програмне
забезпечення LabVIEW

В основі регресійного аналізу лежать наступні припущення: при кожному поєднанні значень x_1, x_2, \dots, x_k величина y має нормальний розподіл; дисперсія σ^2 теоретичного розподілу випадкової величини y постійна; тип функції $M[y] = f(x_1, x_2, \dots, x_k)$ відомий; незалежні змінні x_1, x_2, \dots, x_k змінюються з дуже малою похибкою, якою нехтують у порівнянні з помилкою у визначенні y ; змінні x_1, x_2, \dots, x_k лінійно незалежні.

Апріорний аналіз отриманої інформації по даному експерименту визначення зусилля клеймування показує, що можна застосовувати поліном другого ступеня:

$$M[y] = \eta = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k + \beta_{12} x_1 x_2 + \dots + \beta_{k-1k} x_1 x_2 + \beta_{11} x_1^2 + \dots + \beta_{kk} x_k^2, \quad (22)$$

де $\beta_0, \beta_1, \beta_2$ – коефіцієнти рівняння регресії.

Для проведення експерименту по визначенню зусилля клеймування вибираємо некомпозиційний план другого порядку для двох факторів.

Якщо на основі апріорної інформації відомо, що процес, який досліджується можна з достатньою точністю описати поліномом другого порядку, то для отримання моделі не композиційні плани в ряді випадків будуть раціональнішими від центральних композиційних планів другого порядку.

При дослідженні процесів і систем з двома факторами раціональним являється план типу правильного шестикутника (рис.5) з кількістю центральних точок $n_0 > 1$.

На рис.5 показані номери дослідів, а в дужках – рівні факторів в цих дослідях. Зазвичай n_0 приймають рівним 4. В цьому випадку план, що розглядається передбачає проведення десяти дослідів, з яких шість виконуються при рівнях факторів, які вказані в вершинах шестикутника і чотири досліді – при рівнях факторів, які відповідають центру плану. Цей план являється ротатабельним і за кількістю дослідів більш економічним, ніж відповідний ротатабельний план другого порядку, який потребує для своєї реалізації постановки тринадцяти дослідів.

Друга перевага плану, що описується полягає у тому, що для фактора x_1 він потребує використання п'яти рівнів (+1; +0,5; 0; -0,5; -1), а для фактора x_2 – лише трьох рівнів (+0,866; 0; -0,866). Центральний композиційний ротатабельний план другого порядку передбачає використання обох факторів на п'яти рівнях (+1,414; +1; 0; -1; -1,414). На практиці кількість рівнів часто виявляється обмеженою, тому зменшені числа рівнів факторів представляє собою велику перевагу плану. Необхідно також відмітити, що зміна рівнів факторів в процесі дослідження ускладнює експеримент. Матриця плану представлена у вигляді табл. 1.

Таблиця 1

Матриця планування

Номер досліджу	x_0	x_1	x_2	x_1x_2	x_1^2	x_2^2	y
1	+1	+1	0	0	+1	0	y_1
2	+1	-1	0	0	+1	0	y_2
3	+1	+0.5	+0.866	+0.433	+0.25	+0.75	y_3
4	+1	+0.5	-0.866	-0.433	+0.25	+0.75	y_4
5	+1	-0.5	+0.866	-0.433	+0.25	+0.75	y_5
6	+1	-0.5	-0.866	+0.433	+0.25	+0.75	y_6
7	+1	0	0	0	0	0	y_7
8	+1	0	0	0	0	0	y_8
9	+1	0	0	0	0	0	y_9
10	+1	0	0	0	0	0	y_{10}

За результатами дослідів, які виконали згідно цього плану, можна визначити коефіцієнти рівняння:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{12}x_1x_2 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 \quad (23)$$

Ці коефіцієнти знаходять за допомогою методу найменших квадратів або за приведеними нижче формулами:

$$b_0 = \frac{1}{4} \sum_{u=1}^4 y_{0u}; b_1 = \frac{1}{3} \sum_{j=1}^{10} x_{1j} y_j; b_2 = \frac{1}{3} \sum_{j=1}^{10} x_{2j} y_j; b_{12} = \frac{4}{3} \sum_{j=1}^{10} x_{1j} x_{2j} y_j; b_{11} = \frac{3}{4} \sum_{u=1}^4 x_1^2 y_j + \frac{1}{12} \sum_{j=1}^{10} x_{2j}^2 y_j - \frac{1}{4} \sum_{j=1}^{10} y_j, \quad (24)$$

де y_{0u} – значення функції відгуку в u -му досліді в центрі плану; x_{1j} , x_{2j} – закодовані значення факторів в j -му досліді; y_j – значення функції відгуку в j -му досліді.

Далі було проведено експериментальні дослідження по визначенню зусилля клеймування на пристрої з ЛЕМД в залежності від напруги живлення двигуна і робочого зазору між клеймувальною головкою і матеріалом.

Для проведення планування експерименту та визначення рівняння регресії було використано спеціальну програму «Planning experiment», що розроблена за допомогою мови програмування Java на кафедрі машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем (автор доц. Михайловський Ю. Б.).

В ході експериментальних досліджень були отримані наступні результати зусилля клеймування Y (табл.2).

Таблиця 2

Матриця значень

X1	X2	Y
18.0	135.0	323.0
0.0	135.0	232.0
13.5	197.22	329.0
13.5	61.39	206.0
4.5	197.22	229.0
4.5	61.39	106.0
9.0	135.0	223.0
9.0	135.0	219.0
9.0	135.0	216.0
9.0	135.0	217.0

Як видно з табл.2 програмою «Planning experiment» були вибрані певні значення факторів впливу X_1 та X_2 , при яких проводився експеримент.

Далі було проведено порівняння результатів досліджень з математичною моделлю (21).

Для підтвердження адекватності математичної моделі (21) реальним процесам проводилося експериментальні дослідження, які показали, що відхилення відносної величини не перевищують 15%.

$$\varepsilon = \frac{Y_{max} - Y_{min}}{Y_{max}} \cdot 100\% \quad (25)$$

Результати порівняння наведені в табл. 3.

Таблиця 3

Порівняння експериментальних значень з теоретичними

X1	X2	Y	Y _{рів.рег}	Y _{мат.мод}	ε, %
18,0	135,0	323,0	371,35	389,92	5
0,0	135,0	232,0	243,62	256,53	5,3
13,5	197,22	329,0	345,09	365,8	6
13,5	61,39	206,0	304,22	319,43	5
4,5	197,22	229,0	283,88	19,87	7
4,5	61,39	106,0	243,01	256,38	5,5
9,0	135,0	223,0	295,46	314,66	6,5
9,0	135,0	219,0	295,46	313,19	6
9,0	135,0	216,0	295,46	314,66	6,5
9,0	135,0	217,0	295,46	316,14	7
					ε _c = 5,98

Якщо загалом розглянути проблему пошуку оптимуму, то її можна описати як отримання бажаної реакції об'єкта при визначені дії на нього. Об'єкт має визначені властивості і функціональні можливості. Вплив на об'єкт приводить до його реакції, яка визначає взаємозв'язок властивостей і функціональних можливостей. Якщо цей взаємозв'язок між впливом і реакцією відомий, то завдання оптимізації – це визначення, як саме впливати на об'єкт, щоб отримати бажану реакцію об'єкта.

Схема пошуку оптимуму для вирішення описаної задачі приведена на рис.6.

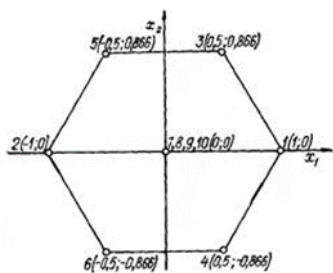


Рис. 5. Некомпозиційний ротатбельний план другого порядку k=2

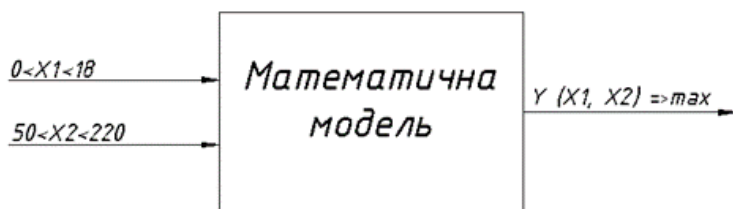


Рис. 6. Схема пошуку оптимуму

Математична модель подається у вигляді формули (22). Критерій оптимізації Y ($F_{кл}$), який залежить від вхідних параметрів X_1 , X_2 повинен наближатися до максимального значення.

Для оптимізації використовувалась програма Optimization Model. Для програми була розроблена модель. Розрахунок, проведений на основі розробленої моделі дав змогу визначити критерій оптимізації. Відповідно до розрахунку критерій оптимізації досягає свого максимального значення на вказаних інтервалах вхідних параметрів $Y = 390,9H$, $X_1 = 18mm$, $X_2 = 220B$.

Порівняння техніко-економічних показників розробленого пристрою з електромагнітним двигуном з комбінованим якорем та стопом (рисунок 6.1) проводилося з механічним пресом (рисунок 6.2), що використовується на малих швейних підприємствах.

Виконання технологічної операції клеймування проводилося на розробленому пристрої та на

механічному пресі DEP-2. Ударник пристрою з електромагнітним приводом приводився в дію за рахунок електромагнітної сили, що виникала в лінійному електромагнітному двигуні.

Порівняння техніко-економічних показників даних пристроїв проводилося по трьом параметрам: масі пристрою; займаній площі; продуктивності праці.

Для порівняння першого показника використовувалися ваги. В результаті зважування маса ручного пресу складала $m_{p.n.} = 33 \text{ кг}$ та маса пристрою з електромагнітним приводом – $m_{e.n.} = 17,5 \text{ кг}$.

Для визначення другого показника використовувалася вимірювальна лінійка. В результаті вимірів було визначено площу, яку займає дане обладнання: $S_{p.n.} = 0,09 \text{ м}^2$ і $S_{e.n.} = 0,05 \text{ м}^2$.

Продуктивність праці визначалася наступним чином. При її визначенні виходили з наступного, що час необхідний для встановлення деталі для виконання технологічної операції клеймування в простір між матрицею та пуансоном однаковий для обох пресів. В результаті виміру він склав $t = 1,2 \text{ с}$. Після встановлення деталі в простір між матрицею та пуансоном визначався час виконання операції клеймування робочим органом пристроїв. Для механічного пресу він склав $t_{p.n.} = 2,3 \text{ с}$. Для пристрою з електромагнітним приводом він склав $t_{e.n.} = 0,2 \text{ с}$. Сумарний час на виконання операції клеймування склав відповідно: $t_{on.mex.} = 3,5 \text{ с}$, $t_{on.e.} = 1,4 \text{ с}$. Продуктивність обладнання визначалася за годину його роботи.

По отриманим даним було побудовано порівняльні діаграми. Діаграма порівняння по масі обладнання приведена на рис.7,а. Діаграма порівняння обладнання по займаній площі приведена на рис.7,б. Діаграма порівняння обладнання по його продуктивності приведена на рис.7,в.

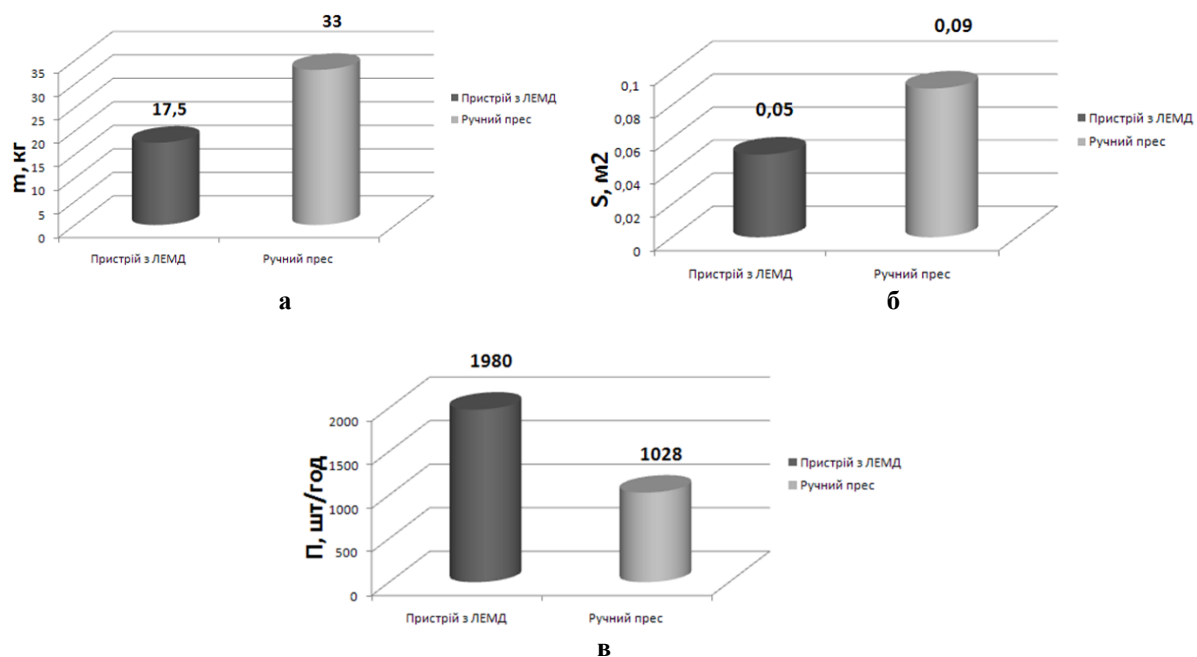


Рис. 7. Діаграми порівняння обладнання для виконання операції клеймування деталей: а – по масі; б – по займаній площі; в – по продуктивності

Висновки

На основі проведених теоретичних і експериментальних досліджень можна зробити висновок про ефективність застосування лінійного електромагнітного двигуна в обладнанні для виконання операцій маркування та клеймування деталей при виготовленні одягу та взуття.

Порівняння техніко-економічних показників пристрою для клеймування з ЛЕМД та ручного механічного пресу показало, що використання пристрою з електромагнітним приводом порівняно з ручним пресом в загальному веде до поліпшення техніко-економічних показників, а саме – в 1,5 рази зменшення маси, в 1,8 рази зменшення займаної площі та в 1,9 рази підвищення продуктивності праці

Список використаної літератури

1. Поліщук О. С. Підвищення ефективності застосування пресового обладнання в легкій промисловості: дис.... кандидата техн. наук: 05.05.10 / Поліщук Олег Степанович. – К., 2001. – 155с.
2. Поліщук О.С., Чумакова С.В., Пундик С.І. Стенд для дослідження пристрою з електромагнітним приводом для встановлення металевої фурнітури у виробі легкої промисловості // Наукові нотатки. – 2011. - №34. - С.213-218
3. Чумакова С.В., Поліщук О.С. Дослідження процесу закріплення металевих люверсів у виробках легкої промисловості в квазістатичному режимі // Вісник Хмельницького національного університету. – 2013. - №2. - С.147-153.
4. Поліщук О.С., Горященко С.Л., Прибега Д.В. Використання інформаційних технологій "National Instruments" для лабораторних і наукових досліджень машин легкої промисловості та електропобутової техніки // Вісник Хмельницького національного університету. – 2008. – №2 – С. 175 – 180.