

3. Севостьянов И. В. Установка для виброударного обезвоживания отходов пищевых производств в пресс-форме [Текст] / И. В. Севостьянов, А. В. Слабкий, А. В. Полищук, А. И. Ольшевский // Технологический аудит и резервы производства. – 2015. – Т. 4, № 4 (24). – С. 41–46. doi: 10.15587/2312-8372.2015.47694
4. Луц, П. М. Результати експериментальних досліджень процесу віджимання пивної дробини двогвинтовим пресом [Текст]: зб. наук. пр. / П. М. Луц, Е. Б. Алієв // Механізація, екологізація та конвертація біосировини у тваринництві. – 2011. – Вип. 2 (8). – С. 205–213.
5. Горбенко, О. А. Аналіз теоретичних досліджень процесу пресування олійної сировини [Текст] / О. А. Горбунко, В. В. Стрельцов, Н. А. Горбенко // Праці Таврійського агротехнологічного університету. – 2011. – Вип. 11, Т. 6. – С. 59–64.
6. Панфилов, П. Ф. Повышение эффективности флокуляционного кондиционирования и обезвоживания отходов флотации ЦОФ «Печорская» на ленточных фильтр-прессах [Текст] / П. Ф. Панфилов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2005. – № 1. – С. 336–337.
7. Юрова, И. С. Барабанная сушилка для обезвоживания дисперсных продуктов [Текст] / И. С. Юрова, И. В. Кузнецов, С. В. Шахов, Э. З. Матеев // Вестник ВГУИТ. – 2014. – № 4. – С. 49–52.
8. Шахов С. В. Вибрационная пресс-сушилка для свежесырого жома [Текст] / С. В. Шахов, Д. С. Бабенко, М. С. Бабенко // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2009. – № 3. – С. 73–74.
9. Іскович-Лотоцький, Р. Д. Перспективи розвитку вібропресового обладнання з гідроімпульсним приводом для багатокомпонентного складнопросторового навантаження [Текст] / Р. Д. Іскович-Лотоцький, І. В. Севостьянов // Вестник национального технического университета Украины «Киевский политехнический институт». Машиностроение. – 2002. – Вып. 42, Т. 1. – С. 169–174.
10. Башта, Т. М. Машиностроительная гидравлика [Текст] / Т. М. Башта. – М.: Машиностроение, 1971. – 672 с.
11. Иванов М. Н. Детали машин [Текст] / М. Н. Иванов. – М.: Высш. шк., 1991. – 383 с.

Представлені результати експериментального дослідження процесу поштучного відокремлення в магазинному завантажувальному пристрої взуттєвих машин. Описано експериментальну установку для дослідження процесу поштучного відокремлення, сплановано експеримент з використанням ротатбельного планування другого порядку, наведені результати, які підтверджують доцільність використання ударного впливу на стос деталей в магазинних завантажувальних пристроях взуттєвих машин з метою зменшення зусилля поштучного відокремлення, а отже і покращення умов процесу відокремлення

Ключові слова: взуттєві машини, магазинний завантажувальний пристрій, поштучне відокремлення деталей взуття, автоматичне завантажування

Представлены результаты экспериментального исследования процесса поштучного отделения в магазинном загрузочном устройстве обувных машин. Описана экспериментальная установка для исследования процесса поштучного отделения, спланирован эксперимент с применением ротатбельного планирования второго порядка, приведены результаты, которые подтверждают целесообразность использования ударного воздействия на стопку деталей в магазинных загрузочных устройствах обувных машин с целью уменьшения усилия поштучного отделения, а значит и улучшения условий процесса отделения

Ключевые слова: обувные машины, магазинное загрузочное устройство, поштучное отделение деталей обуви, автоматическая загрузка

УДК 685.31

DOI: 10.15587/1729-4061.2015.50437

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПОШТУЧНОГО ВІДОКРЕМЛЕННЯ В МАГАЗИННОМУ ЗАВАНТАЖУ- ВАЛЬНОМУ ПРИСТРОЇ ВЗУТТЄВИХ МАШИН

С. А. Поповіченко
Асистент*

E-mail: mr_painter@bigmir.net

Б. В. Орловський

Доктор технічних наук, професор*

*Кафедра машин легкої промисловості
Київський національний університет
технологій та дизайну
вул. Неміровича-Данченка, 2,
м. Київ, Україна, 01011

1. Вступ

Сучасні тенденції розвитку легкої промисловості характеризуються розширенням асортименту продукції

у відповідності до зростання потреб споживачів, підвищенням продуктивності обладнання. Це обумовлює необхідністю вдосконалення існуючих та створення нових більш продуктивних та сучасних моделей обладнання.

Тривалість обробки виробів на більшості операцій взуттєвого виробництва коливається в межах 0,04–0,5 хв і становить по суті незначну частку загального операційного часу, через що потрібна часта зміна, установка і зняття виробів, майже безперервне обслуговування напівавтоматів і велика витрата часу на пересувні та допоміжні робочі прийоми, відносна кількість яких дуже велика.

Якщо при ручному завантаженні робітник обов'язково бере участь у кожному переході, то застосування автоматичних завантажувальних пристроїв дає можливість деякі переходи циклу проводити паралельно, тому що вони не вимагають участі робітника, а виконуються механізмами.

Ручне завантаження створює напружений режим роботи обслуговуючого персоналу, вимагає від нього забезпечення заданого ритму і викликає швидку стомлюваність. У цих умовах обслуговуючий персонал не може приділяти належну увагу контролю за роботою машини і якістю виготовленої продукції тощо. Механізація і автоматизація процесів завантаження заготовок звільняє робітників від стомлюючих ручних операцій, дозволяє підвищити робочі швидкості устаткування й поліпшити якість продукції. Разом з тим створюються умови для організації багатостатного обслуговування.

Рішення задачі механізації і автоматизації завантаження взуттєвого обладнання заготовками і деталями взуття досягається використанням автоматичних завантажувальних пристроїв.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Взуття складається з великої кількості різних деталей верху та низу, які мають різноманітні фізико-механічні властивості. Продуктивність виробництва взуття підвищується автоматизацією технологічних процесів, яка досягається оснащенням взуттєвих машин автоматичними завантажувальними пристроями для подачі деталей в робочу зону обладнання. Однак можливість автоматизації конкретного процесу залежить від придатності деталей взуття до автоматичного завантаження.

Деталі взуття класифікують у відповідності до їх придатності до автоматичного завантаження [1, 2]. До першої групи відносять деталі взуття, які виготовляються із металів і пластмас, мають стабільну форму, розміри й властивості (гачки, кнопки, цвяхи, пряжки, супінатори, вкладиші). Вони подібні до машинобудівельних деталей, і всі розробки в області автоматичного завантаження в машинобудуванні і приладобудуванні для них прийнятні. Завдяки стабільності властивостей деталі з першої групи не викликають складностей при автоматичному завантаженні. Як правило, для їх завантаження використовують завантажувальні пристрої бункерного типу, їх розробці та дослідженню призначена значна кількість праць [3, 4].

Деталі другої групи виготовляють зі шкіри, гуми, мікропористої гуми, картону та інших матеріалів. Ці деталі володіють рядом специфічних властивостей, що відрізняють їх від деталей машинобудування, приладобудування та інших галузей промисловості. Вони включають: велику кількість типорозмірів одного

найменування й призначення, широку дисперсію фізико-механічних властивостей, значну коробленість, високі коефіцієнти тертя, порівняно малу твердість (устілки, задники), високу зчеплюваність, парність, особливі властивості поверхонь (лице – бахтарма, оброблена – необроблена й т. п.), завищені припуски на обробку. Саме при проектуванні магазинних завантажувальних пристроїв для деталей взуття другої групи та при їх поштучному відокремленні і автоматичному завантаженні виникає найбільше ускладнень, пов'язаних з переліченими вище специфічними властивостями, можливе використання завантажувальних пристроїв для листового матеріалу, що застосовуються у поліграфічному, і деревообробному виробництвах [2, 3] а також в тих галузях виробництва, де доводиться завантажувати м'які листові матеріали [5–13].

Деталі з другої підгрупи є придатними для автоматичного завантажування. Для розташування в завантажувальному пристрої зручно використовувати магазин, в якому деталі розташовуються в вертикальному стосі. Попередній відбір, сортування, орієнтування деталей та завантаження магазину виконується робітником вручну [1, 2].

Значні сили тертя між деталлю, що відокремлюється, та стосом, в наслідок особливостей взуттєвих матеріалів, перешкоджають розробці надійних працездатних МЗП. Тому виникає завдання зменшення зчеплення між деталлю, що відокремлюється та стосом, або ж збільшення зчеплення між деталлю та захватним органом.

Протягом усього періоду розвитку завантажувальних пристроїв магазинного типу у взуттєвій промисловості виникали розробки покликані вирішити згадане завдання. Подібні інженерні шукання присутні в поліграфічній і деревообробній промисловості, яким доводиться мати справи з автоматизацією завантаження листових матеріалів, що мають схожі із взуттєвими характеристики.

Аналіз літературних джерел дозволив створити класифікацію магазинних завантажувальних пристроїв з точки зору способів покращення умов процесу поштучного відокремлення (рис. 2) [15], а також показав, що найменш дослідженим є використання імпульсного впливу на стос деталей в магазині завантажувального пристрою.

Цей спосіб дозволяє зменшити сили тертя між деталлю та стосом під час процесу поштучного відокремлення. Різновидами цього способу є вібрація та ударний вплив на стос. Вібрація використовується як для відокремлення деталей від стосу так і для ослаблення сили тертя між відокремлюваною деталлю та стосом вище розташованих [2]. Вібраційні завантажувальні пристрої поширено використовуються в завантажуванні деталей взуття та подібних до них за властивостями деталей, їх дослідженню присвячено певну кількість наукових праць та розробок [2, 14]. Цей спосіб є досить ефективним, однак він має одну особливість. У вібраційних пристроях при їх роботі виникає корисне зусилля, спрямоване під певним кутом. Вертикальна складова цього зусилля послаблює силу тертя між відокремлюваною деталлю та стосом. Горизонтальна – пересуває деталь, або допомагає її пересуванню. При регулюванні зусилля вертикальна та горизонтальна складові змінюються одночасно. Не

можливо регулювати вертикальну складову окремо. Також не досліджено окремо вплив її на стос деталей під час поштучного відокремлення.

Альтернативою вібрації може бути вертикальна ударна дія на стос, яка використовується для ослаблення зв'язків деталі та стосу при ПВ одночасно з роботою захватного органу. Використання ударного механізму дозволить окремо регулювати та досліджувати вплив вертикальної сили в залежності від властивостей взуттєвих деталей.

Аналітичне дослідження магазинного завантажувального пристрою обладнаного механізмом додаткового вертикального ударного впливу на стос деталей [16, 17] дозволило визначити: величини вертикальних переміщень стосу після удару та проміжків часу, протягом яких порушується контакт відокремлюваної деталі та стосу і відповідно зменшуються сили тертя; допустимі величини ударного імпульсу, при використанні яких не відбудеться втрати контакту робочого органу та відокремлюваної деталі. Математична модель процесу поштучного відокремлення показала, що переміщення відокремлюваного виробу залежить в основному від зусилля поштучного відокремлення та кількості деталей в стосі. Зміна ударного імпульсу в заданих межах виявляє менше виражений вплив на переміщення деталі. Використання ударного впливу дозволяє зменшити зусилля поштучного відокремлення майже на 30 %, і отримати достатнє переміщення деталі з завантажувального пристрою. Розрахунки показали, що вздовж часу, коли в стосі протікають коливальні процеси після ударного впливу, переміщення відокремлюваного виробу на необхідні для захвату валіками 60–90 мм забезпечується в досить широкому діапазоні зміни зусилля поштучного відокремлення та ударного імпульсу.

3. Мета та задачі досліджень

Метою даного дослідження є перевірка результатів аналітичного дослідження процесу поштучного відокремлення в магазинному завантажувальному пристрої обладнаному ударним механізмом.

Для досягнення поставленої мети вирішувались наступні задачі:

- розробка експериментальної установки магазинного завантажувального пристрою;
- планування та проведення експерименту для дослідження процесу поштучного відокремлення.

4. Матеріали та методи досліджень магазинного завантажувального пристрою взуттєвих машин

Основними факторами, які впливають на процес поштучного відокремлення деталей низу взуття в завантажувальному пристрої, обладнаному додатковим ударним механізмом, є: N – кількість деталей в стосі, Q – зусилля поштучного відокремлення, S – ударний імпульс.

Експеримент проводився на експериментальній установці, що була розроблена та виготовленій на кафедрі машин легкої промисловості Київського національного університету технологій і дизайну (КНУТД). Установа спроектована таким чином, що дозволяла

імітувати процес поштучного відокремлення та досить просто регулювати ударний імпульс та зусилля поштучного відокремлення.

На рис. 1, *a* наведено кінематичну принципову схему установки. Установка складається з магазину 1, в якому розміщується стос зразків 2; коромисла-ударника 3, встановленого шарнірно під дном магазину 1, обмежуючого гвинта 4 та пружини 5, призначеної для зворотного переміщення коромисла-ударника; головки ударника 6, закріпленої на коромислі-ударнику 2 за допомогою гвинта 7; штанги 8 закріпленої нерухомо на рамі установки; спускового пристрою 9, що кріпиться з можливістю регулювання гвинтом 10. Також установка включає вантаж 13, зафіксований на штанзі 8 за допомогою собачки 11, яка фіксується пружиною 12. Вантаж 13 при падінні з певної висоти на коромисло-ударник 3 буде створювати ударний імпульс. Зміна величини ударного імпульсу може здійснюватись зміною маси вантажу або ж зміною висоти його падіння. До нижнього у стосі зразку 14 за допомогою тросика 15, перекинутого через ролик 16 кріпиться вантаж 17, який буде створювати зусилля поштучного відокремлення. Змінювати зусилля поштучного відокремлення можна змінивши масу вантажу 17.

Магазин 1 кріпиться на рамі установки за допомогою гвинтів, і має можливість регулювання в повздовжньому напрямку. В дні магазину 1 також є проріз для проходу головки ударника 6.

Установка має наступні регулювання. Висота падіння вантажу 13 регулюється зміною висоти розташування спускового пристрою 9 на штанзі 8 при ослабленому гвинті 10. Місце удару відносно центру ваги стосу регулюється зміною положення магазину відносно вертикальної осі головки ударника 6 при ослабленому гвинті 7. Хід головки ударника 6 над дном магазину 1 регулюється обмежуючим гвинтом 4. Сила, що прикладається для відокремлення нижнього зразка, змінюється за допомогою зміни вантажу 17 на кінці тросика 15. Маса вантажів, що були використані, вимірювалися на лабораторних вагах при використанні комплексу вантажів Г-4-211.10 ГОСТ 7328-82. Висота розташування вантажу, хід ударника та переміщення зразку вимірювалися за допомогою сантиметрових шкал, які були наклеєні на установку.

Дослідження проводилися наступним чином. В магазині 1 експериментальної установки розміщувався стос 2 з певною кількістю зразків. Вантаж 17 мав фіксовану вагу (яка підбиралася для отримання певного ударного впливу на стос) і фіксувався на штанзі 8 за допомогою собачки 11 спускового пристрою 9 на певній висоті. Магазин розміщено і закріплено таким чином, щоб центр ваги відокремлюваного зразку, а отже і стосу знаходився на нульовій відстані від вертикальної вісі ударнику та місця удару. До нижнього зразка 14 за допомогою тросика 15 прикріплювався вантаж 17, що моделює зусилля поштучного відокремлення. Положення головки ударника 6 фіксувалося в коромислі-ударнику 3 гвинтом 7 щоб отримати необхідний хід над дном магазину.

При натисканні на важіль спускового механізму 8, вантаж 17 падав вздовж штанги 6 та наносив удар по лівому плечу коромисла 2, праве плече якого в свою чергу ударником 3 наносило удар по стосу нижнього зразку 4. Зразок починав рухатися під дією сили ваги вантажу і виводився через проріз у передній стінці магазину.

Після зупинки зразку по сантиметровій шкалі магазину вимірювалася величина його переміщення.

Ударний імпульс варіювався шляхом зміни висоти закріплення вантажу 13 (а значить і його швидкості) при постійній масі. Горизонтально направлене вздовж нижнього зразку зусилля поштучного відокремлення варіювалося зміною вантажу 17.

Фотографія експериментальної установки наведено на рис. 1, б.

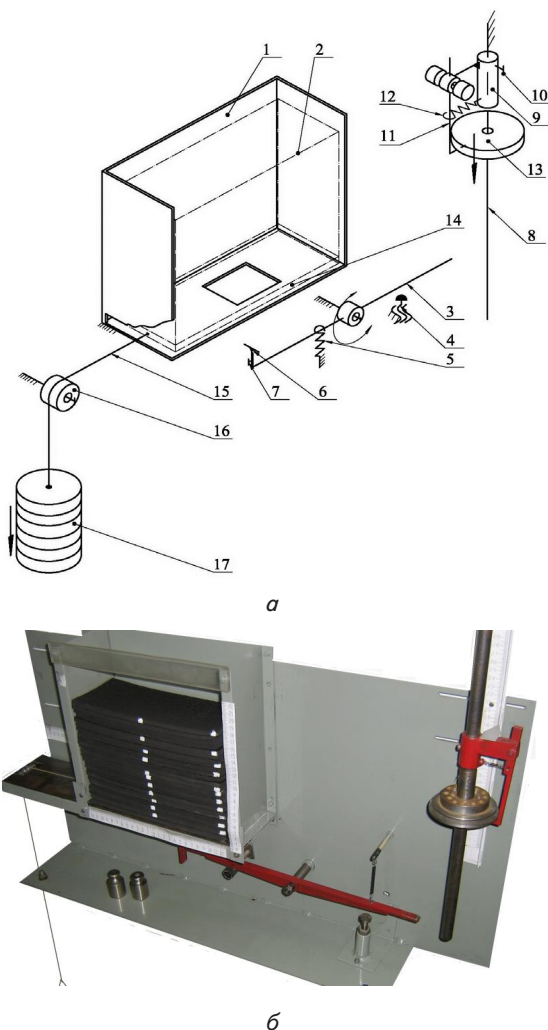


Рис. 1. Експериментальна установка для дослідження процесу поштучного відокремлення: а – кінематична принципова схема; б – фотографія експериментальної установки

При плануванні експерименту було використано ротабельне планування другого порядку [18]. При кількості факторів $k=3$ перевагу рекомендується віддавати ротабельному плану Бокса. Придатність (адекватність) моделі перевірялась при статистичному аналізі результатів експерименту.

При оцінюванні результатів важливо знати не тільки точність, але й надійність вимірів. Ступінь точності отриманого результату можливо оцінити, якщо відома його довірна вірогідність (коефіцієнт надійності).

Позначимо істинне значення вимірів через y , а похибку вірування її середнього арифметичного значення y через Δy ; тоді:

$$P(\bar{y} - \Delta y \leq y \leq \bar{y} + \Delta y) = \alpha,$$

де $\alpha=0,95$ – довірна вірогідність, відповідно до рекомендацій [18].

Вважаючи, що генеральна сукупність підпорядковується закону нормального розподілу, були проведені попередні виміри з числом замірів $n=3$, середньоквадратична похибка яких складала:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1}} = 3,5 \text{ мм.}$$

При довірчій вірогідності $\alpha=0,95$

$$\Delta y = 2S = 2 \times 3,5 = 7 \text{ мм.}$$

Таким чином, вказаній довірчій вірогідності відповідає інтервал:

$$\bar{y} - 7 \leq y \leq \bar{y} + 7.$$

Вибір необхідної кількості вимірів проводився по формулі:

$$y_{S_{\text{розра}}} = \frac{\Delta y \sqrt{n}}{S} = 3,46,$$

де $y_{S_{\text{розра}}}$ – розрахункове значення критерію Ст'юдента.

Табличне значення критерію Ст'юдента при довірчій вірогідності для кількості замірів дорівнює $y_{S_{\text{табл}}}=4,3$.

Оскільки $y_{S_{\text{розра}}} < y_{S_{\text{табл}}}$, с довірчою вірогідністю $\alpha=0,95$ було встановлено, що кількість замірів $n=3$ є достатньою.

Значення факторів рівні їх варіювання та шаг варіювання наведено в табл. 1.

Межі варіювання факторів вибиралися виходячи з отриманих за допомогою аналітичних залежностей даних [17]. Ударний імпульс підібрано таким чином, щоб величина максимального вертикального переміщення стосу після удару не перевищувала значно товщини однієї деталі. Це враховано для того, щоб в реальному МЗП, при захваті відокремлюваної деталі за задній торець, зберігався контакт з захватним органом. Максимальний хід ударнику над дном магазину прийнято менше товщини обраного зразка (3,4 мм) враховуючи вище сказане. Місце удару не повинно зміщуватись від центру ваги зразку в сторону передньої стінки магазину, щоб від удару не піднімався передній край стосу і зразка, що може призвести при переміщенні в повздовжньому напрямку до зіткнення його зі стінкою і порушити процес поштучного відокремлення. Максимальне значення горизонтальної сили, що відокремлює зразок, прийнято дещо менше чим сумарне значення сил тертя руху, що перешкоджають відокремленню.

Рівняння регресії:

$$\hat{y} = b_0 + \sum_{i=1}^k b_{i1} x_i + \sum_{i=1}^k b_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^k b_{ii} x_i^2, \quad (1)$$

де b_i, b_{ij}, b_{ij} , – коефіцієнти регресії.

В нашому випадку для трьох факторів рівняння регресії буде мати наступний вигляд:

$$\hat{y}_u = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2. \tag{2}$$

Таблица 1

Фактори, рівні та шаг їх варіювання

Фактори		Рівні варіювання					Шаг варіювання Δ
		-1,682	-1	0	1	1,682	
1		2	3	4	5	6	7
Ударний імпульс, S, [кгм/с]	x ₁	0,2	0,3	0,45	0,6	0,7	0,15
Зусилля поштучного відокремлення, Q [Н]	x ₂	15	15,4	16,5	17,6	18	1,1
Кількість зразків у стосі, N [шт]	x ₃	12	14	18	22	24	4

При кодуванні факторів виходили з наступних співвідношень, що характеризують зв'язок іменованих та кодованих величин:

$$x_1 = \frac{S - 0,45}{0,15}; \tag{2}$$

$$x_2 = \frac{Q - 16,5}{1,1}; \tag{3}$$

$$x_3 = \frac{N - 18}{4}. \tag{4}$$

Для визначення коефіцієнтів регресії при ротатбельному плануванні рекомендовано використовувати наступні вирази [17]:

$$b_0 = a_1 \sum_1^U y_u - a_2 \sum_1^k \sum_1^U x_{iu}^2 y_u; \tag{5}$$

$$b_i = a_3 \sum_1^U x_{iu} y_u; \tag{6}$$

$$b_{ij} = a_4 \sum_1^U x_{iu} x_{ju} y_u; \tag{7}$$

$$b_{ii} = a_5 \sum_1^U x_{iu}^2 y_u + a_6 \sum_1^k \sum_1^U x_{iu}^2 y_u - a_7 \sum_1^U y_u; \tag{8}$$

де a₁, a₂, a₃, a₄, a₅, a₆, a₇ – коефіцієнти, значення яких обирають з [18] з урахуванням кількості факторів.

Для кількості факторів k=3 коефіцієнти мають наступні значення:

$$a_1 = 0,1663; a_2 = 0,0568; a_3 = 0,0732; a_4 = 0,125; a_5 = 0,0625; a_6 = 0,0069; a_7 = 0,0568;$$

де U=20 – кількість досліджень в експерименті; y_u – середнє значення критерію в кожному дослідженні отриманні під час проведення експерименту (табл. 2); x_{iu} – кодовані значення факторів в зіркових точках (табл. 1).

Після підстановки значення коефіцієнтів a та даних матриці планування вирази (5)–(8) мають вигляд:

$$b_0 = 0,1663 \sum_1^{20} y_u - 0,0568 \sum_1^3 \sum_1^{20} x_{iu}^2 y_u;$$

$$b_i = 0,0732 \sum_1^{20} x_{iu} y_u;$$

$$b_{ij} = 0,0125 \sum_1^{20} x_{iu} x_{ju} y_u;$$

$$b_{ii} = 0,0625 \sum_1^{20} x_{iu}^2 y_u + 0,0069 \sum_1^3 \sum_1^{20} x_{iu}^2 y_u - 0,0568 \sum_1^{20} y_u.$$

Коефіцієнти регресії будуть:

$$b_0 = 0,11; b_1 = 0,015; b_2 = 0,019; b_3 = -0,065; b_{12} = 0,001; b_{13} = -0,012; b_{23} = -0,001; b_{11} = -0,0028; b_{22} = -0,002; b_{33} = -0,009.$$

Після підстановки числових значень коефіцієнтів в вираз (1) отримуємо:

$$\hat{y} = 0,11 + 0,015x_1 + 0,019x_2 - 0,065x_3 + 0,001x_1x_2 - 0,012x_1x_3 - 0,001x_2x_3 - 0,002x_1^2 - 0,002x_2^2 - 0,009x_3^2. \tag{9}$$

Таблица 2

Матрица планування експерименту

Номер дослідження	Матрица планування			Робоча матрица				
	x ₁	x ₂	x ₃	S, [кгм/с]	Q, [Н]	N, [шт]	\bar{y}_u , [М]	y _u ', [М]
1	1	1	1	0,6	17,6	22	0,076	0,074
2	1	1	-1	0,6	17,6	14	0,240	0,235
3	1	-1	1	0,6	15,4	22	0,036	0,037
4	1	-1	-1	0,6	15,4	14	0,192	0,190
5	-1	1	1	0,3	17,6	22	0,067	0,071
6	-1	1	-1	0,3	17,6	14	0,178	0,179
7	-1	-1	1	0,3	15,4	22	0,030	0,033
8	-1	-1	-1	0,3	15,4	14	0,141	0,143
9	-1,682	0	0	0,2	16,5	18	0,091	0,095
10	1,682	0	0	0,7	16,5	18	0,138	0,136
11	0	-1,682	0	0,45	15	18	0,075	0,077
12	0	1,682	0	0,45	18	18	0,134	0,135
13	0	0	-1,682	0,45	16,5	12	0,236	0,234
14	0	0	1,682	0,45	16,5	24	0,031	0,033
15	0	0	0	0,45	16,5	18	0,110	0,110
16	0	0	0	0,45	16,5	18	0,108	0,110
17	0	0	0	0,45	16,5	18	0,112	0,110
18	0	0	0	0,45	16,5	18	0,110	0,110
19	0	0	0	0,45	16,5	18	0,109	0,110
20	0	0	0	0,45	16,5	18	0,113	0,110

Перевірка значимості отриманих коефіцієнтів рівняння регресії виконувалася за критерієм Ст'юдента.

Знання дисперсії S²_{y}, що характеризує похибку відтворення, дає можливість оцінити значимість коефіцієнтів рівняння регресії. Застосування регресійного аналізу допустиме, оскільки раніше були виконані всі необхідні для цього умови.

Наявність інформації про значимість коефіцієнтів дозволить розглянути питання про можливість спрощення наступної роботи шляхом відсіювання не значимих коефіцієнтів.

При k=3, значимість коефіцієнтів регресії оцінюють за допомогою виразів [90]:

$$S^2_{\{b_0\}} = a_8 S^2_{\{\bar{y}\}}; \quad \Delta b_0 = \pm 0.816 S_{\{\bar{y}\}}; \quad (10)$$

$$S^2_{\{b_1\}} = a_9 S^2_{\{\bar{y}\}}; \quad \Delta b_1 = \pm 0.542 S_{\{\bar{y}\}}; \quad (11)$$

$$S^2_{\{b_{ii}\}} = a_{10} S^2_{\{\bar{y}\}}; \quad \Delta b_{ii} = \pm 0.526 S_{\{\bar{y}\}}; \quad (12)$$

$$S^2_{\{b_{ij}\}} = a_{11} S^2_{\{\bar{y}\}}; \quad \Delta b_{ij} = \pm 0.708 S_{\{\bar{y}\}}; \quad (13)$$

де $a_8=0,1663$; $a_9=0,0732$; $a_{10}=0,0694$; $a_{11}=0,125$.

$S^2_{\{\bar{y}\}}$ – дисперсія відтворюваності, яка визначається за допомогою виразу:

$$S^2_{\{\bar{y}\}} = \frac{\sum_1^N \sum_1^n (y_{uj} - \bar{y}_u)^2}{N(n-1)} = 0,000036,$$

$$S_{\{\bar{y}\}} = 0,006.$$

Підставивши значення коефіцієнтів та дисперсії відтворюваності у вирази (10–13) отримуємо наступні результати:

$$S^2_{\{b_0\}} = 0,0000059; \quad \Delta b_0 = \pm 0,0048;$$

$$S^2_{\{b_1\}} = 0,0000026; \quad \Delta b_1 = \pm 0,0033;$$

$$S^2_{\{b_{ii}\}} = 0,0000024; \quad \Delta b_{ii} = \pm 0,0032;$$

$$S^2_{\{b_{ij}\}} = 0,0000045; \quad \Delta b_{ij} = \pm 0,0042.$$

Порівнюючи абсолютні величини коефіцієнтів та відповідних довірчих інтервалів, можна зробити висновки, що не значимими є наступні коефіцієнти рівняння регресії: b_{12} , b_{23} , b_{11} , b_{22} . Їх можна виключити з рівняння регресії (3,9), яке набуде вигляду:

$$\hat{y} = 0,11 + 0,015x_1 + 0,019x_2 - 0,065x_3 - 0,012x_1x_3 - 0,009x_3^3. \quad (14)$$

Гіпотезу про адекватність рівняння регресії перевіримо за допомогою критерію Фішера [18]:

$$F_{\text{розр}} = \frac{S^2_{\text{ад}}}{S^2_{\{y\}}},$$

де $S^2_{\text{ад}}$ – залишкова дисперсія, або дисперсія адекватності; $S^2_{\{y\}}$ – дисперсія відтворюваності.

Оскільки досліди дублюються лише в нульовій точці, то для визначення дисперсії адекватності у випадку рота табельного планування другого порядку використовують наступне рівняння:

$$S^2_{\text{ад}} = \frac{\sum_1^N (\bar{y}_{uj} - \bar{y}_u)^2 - \sum_1^{n_0} (y_{0j} - \bar{y}_0)^2}{N - \lambda - (n_0 - 1)} = 0,000039,$$

де N – кількість дослідів; λ – кількість коефіцієнтів рівняння регресії; n_0 – кількість повторів нульового дослідів.

Враховуючи отримане раніше значення дисперсії відтворюваності розрахункове значення критерію Фішера буде:

$$F_{\text{розр}} = \frac{0,000039}{0,000036} = 1,08.$$

Кількість ступенів вільності, пов'язана з дисперсією адекватності:

$$f_{\text{ад}} = N - \lambda - (n_0 - 1) = 20 - 6 - (6 - 1) = 9.$$

Кількість ступенів вільності, пов'язана з дисперсією відтворюваності:

$$f_e = N(n - 1) = 20(3 - 1) = 40.$$

В залежності від розрахованих ступенів вільності більшої та меншої дисперсії визначаємо табличне значення критерію Фішера [18] $F_{\text{таб}} = 2,18$.

Оскільки $F_{\text{розр}} < F_{\text{таб}}$ з 95% вірогідністю можна вважати рівняння регресії (14) адекватним процесу, який досліджується.

На практиці не зручно користуватися математичною залежністю в кодованих величинах, після отримання адекватного рівняння регресії, перетворюємо його з заміною кодованих величин на іменовані (фактичні). Для цього використаємо рівняння (2)–(4), що характеризують зв'язок величин, що розглядаються. Переводимо рівняння регресії (14) до іменованого вигляду:

$$X = 0,11 + 0,015 \left(\frac{S - 0,45}{0,15} \right) + 0,019 \left(\frac{Q - 16,5}{1,1} \right) - 0,065 \left(\frac{N - 18}{4} \right) - 0,012 \left(\frac{S - 0,45}{0,15} \right) \times \left(\frac{N - 18}{4} \right) - 0,009 \left(\frac{N - 18}{4} \right)^2.$$

Спростуємо вираз:

$$X = 0,013N + 0,017 + 0,46S - 0,001N^2 - 0,02NS - 0,272. \quad (15)$$

Отриманий вираз дозволяє дослідити горизонтальне переміщення відокремлюваного від стосу зразку в залежності від ударного імпульсу, зусилля поштучного відокремлення та кількості зразків в стосі.

5. Результати дослідження магазинного завантажувального пристрою взуттєвих машин

На рис. 2. наведено експериментальну та теоретичну залежності повздовжнього переміщення X відокремлюваної деталі від зусилля поштучного відокремлення Q при величині ударного імпульсу $S=0,4$ кгм/с та кількості деталей в стосі $N=15$ шт. Результати експерименту загалом підтверджують придатність математичної моделі для дослідження та розрахунку завантажувальних пристроїв з ударним механізмом.

Розбіжність складає в середньому від 50 % при мінімальному значенні зусилля поштучного відокремлення до 7 % при максимальному значенні зусилля. Це пов'язано з тим, що при розробці математичної моделі було знехтувано певними факторами, які складно врахувати при побудові моделі, такими як, сила тертя деталей о бічні стінки магазину, коробленість деталей, втрати на пластичні деформації, втрати на переміщення деталей в стосі одна відносно одної тощо. Ці

фактори здійснюють більш суттєвий вплив на кінцеве повздовжнє переміщення деталі при мінімальному значенні зусилля поштучного відокремлення і, навпаки, менший при максимальному значенні.

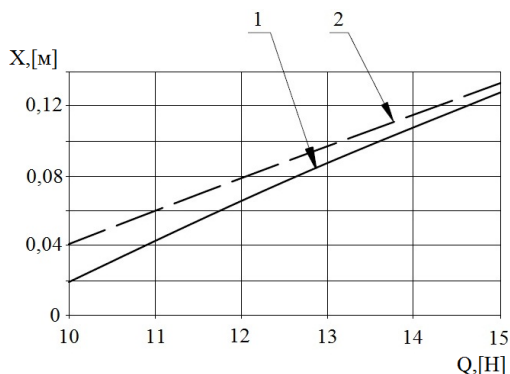


Рис. 2. Залежність горизонтального переміщення відокремлюваної деталі від зусилля поштучного відокремлення при $S=0,4$ кгм/с та $N=15$ шт:

1 – експериментальна залежність; 2 – теоретична залежність

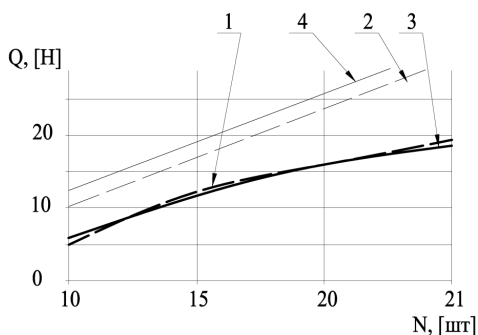


Рис. 3. Залежність зусилля поштучного відокремлення Q від кількості деталей в стосі N при різних значеннях ударного імпульсу S : 1 – експериментальна залежність при $S=0,3$ кгм/с; 2 – експериментальна залежність при $S=0$ кгм/с; 3 – теоретична залежність при $S=0,3$ кгм/с; 4 – теоретична залежність при $S=0$ кгм/с

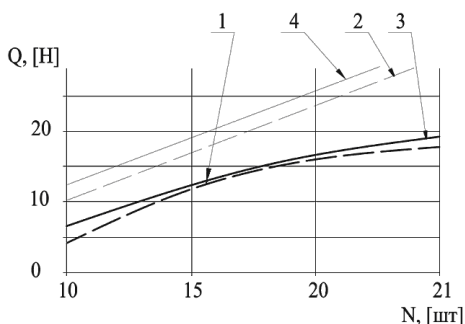


Рис. 4. Залежність зусилля поштучного відокремлення Q від кількості деталей в стосі N при різних значеннях ударного імпульсу S : 1 – експериментальна залежність при $S=0,5$ кгм/с; 2 – експериментальна залежність при $S=0$ кгм/с; 3 – теоретична залежність при $S=0,5$ кгм/с; 4 – теоретична залежність при $S=0$ кгм/с

Для реалізації процесу поштучного відокремлення достатньо забезпечити переміщення зразку робочим органом на відстань 80 мм, після чого відбудеться

захват зразку вивідними валиками, які, обертаючись, продовжать процес поштучного відокремлення.

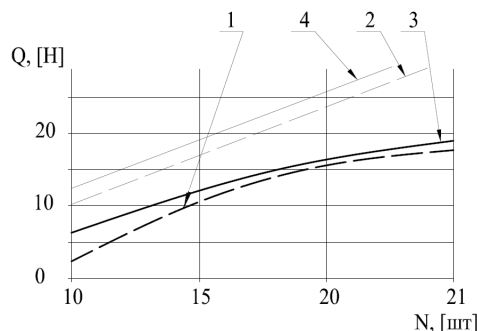


Рис. 5. Залежність зусилля поштучного відокремлення Q від кількості деталей в стосі N при різних значеннях ударного імпульсу S : 1 – експериментальна залежність при $S=0,7$ кгм/с; 2 – експериментальна залежність при $S=0$ кгм/с; 3 – теоретична залежність при $S=0,7$ кгм/с; 4 – теоретична залежність при $S=0$ кгм/с

Найбільшим цікавим є дослідити зміну зусилля поштучного відокремлення в завантажувальному пристрої при використанні вертикального ударного імпульсу у порівнянні з величиною зусилля поштучного відокремлення без використання ударного імпульсу.

Для цього, прийнявши у виразі (15) значення переміщення відокремлюваного зразку рівним 80 мм, що достатньо для переміщення деталі в зону захвату валками, та вирішивши вираз відносно зусилля поштучного відокремлення, можна дослідити його значення при різних значеннях ударного імпульсу та різних кількості деталей в стосі. Графічні залежності на рис. 3–5 дозволяють зрозуміти характер впливу величини ударного імпульсу S та кількості деталей N на зусилля поштучного відокремлення Q .

Графічні залежності побудовані по регресійній моделі та по математичній моделі мають один характер. А розбіжність між ними складає від 7 % до 50 % в залежності від кількості деталей в стосі.

6. Обговорення результатів досліджень магазинного завантажувального пристрою взуттєвих машин

Аналізуючи результати експерименту можна зробити наступні висновки.

Між експериментальними та аналітичними залежностями присутня деяка розбіжність. Вона обумовлена неточністю математичної моделі, внаслідок припущень прийнятих при її побудові, похибок експерименту а також неточністю рівняння регресії.

При збільшенні ударного імпульсу та при зменшенні кількості зразків в стосі розбіжність аналітичних та експериментальних даних збільшується, оскільки також збільшується і похибка експерименту.

Розбіжність між аналітичним та теоретичним значенням зусилля поштучного необхідного для здійснення процесу поштучного відокремлення складає середньому 28 %.

Використання ударного імпульсу чинить на процес поштучного відокремлення суттєвий позитивний вплив і дозволяє отримати переміщення відокремлюваного

зразка 80 мм, достатнє для здійснення поштучного відокремлення зусиллям меншим в середньому на 30–45 % чим без використання ударного імпульсу, що показує доцільність оснащення завантажувальних пристроїв для деталей низу взуття додатковим ударним механізмом.

7. Висновки

В даній роботі описано метод і конструкцію експериментальної установки для дослідження процесу поштучного відокремлення в магазинному завантажувальному пристрої взуттєвих машин, в якому для покращення умов поштучного відокремлення використовується додатковий механізм для вертикального ударного впливу на стос деталей в початковий момент поштучного відокремлення.

Було досліджено вплив на процес поштучного відокремлення таких факторів як зусилля поштучного відокремлення Q , вертикальний ударний імпульс S та кількість деталей у стосі N .

Встановлено що використання ударного імпульсу дозволяє зменшити зусилля поштучного відокремлення на 30–40 % у порівнянні з його значенням при відокремленні деталей зі стосу без використання впливу ударного імпульсу.

Для значень зусилля поштучного відокремлення розбіжність між експериментальними даними та отриманими по математичній моделі складають в середньому 28 %. В цілому ж графічні залежності побудовані по експериментальним та теоретичним даним мають однаковий характер і мають меншу розбіжність при максимальних значеннях зусилля поштучного відокремлення та кількості деталей в стосі, коли менш значимими стають втрати через фактори, якими було знехтувано в математичній моделі.

В цілому можна зробити висновок про доцільність використання ударного впливу на стос деталей в магазинних завантажувальних пристроях взуттєвих машин з метою зменшення зусилля поштучного відокремлення, а отже і покращення умов процесу відокремлення.

Література

1. Крицберг, Э. Л. Автоматические загрузочно-ориентирующие устройства обувных машин (обзор) [Текст] / Э. Л. Крицберг, Г. А. Писковский. – М.: «Легкая индустрия», 1971. – 52 с.
2. Полищук, В. Н. Исследование процесса поштучного отделения плоских деталей обуви в вибрационных магазинных загрузочных устройствах [Текст]: дис. ...канд. тех. наук / В. Н. Полищук. – К., 1971. – 179 с.
3. Базлова, Л. В. Загрузочные, ориентирующие, транспортирующие и подающие устройства для малогабаритных деталей [Текст] / Л. В. Базлова, А. А. Сулова. – Тула.: Отечественная и зарубежная литература за 1963–1969 гг., 1969. – 92 с.
4. Бобров, В. П. Развернутая классификация автоматических загрузочных приспособлений [Текст] / В. П. Бобров // Передовой научно-технический опыт. – 1961. – Вып. 2. – С. 51.
5. Sensory Robotics for the Handling of Limp Materials. Series F: Computer and Systems Sciences. Vol. 64 [Text] / P. M. Taylor (Ed.). – Springer Berlin Heidelberg, 1990. – 342 p. doi: 10.1007/978-3-642-75533-0
6. Sarhadi, M. Advances in gripper technology for apparel manufacturing [Text] / M. Sarhadi, P. R. Nicholson, J. Simmons // IMechE. – 1986. – Vol. C372, Issue 86. – P. 47–53.
7. Taylor, P. M. Automated handling of fabrics [Text] / P. M. Taylor, S. G. Koudis // Science Progress. – 1987. – Vol. 71, No. 3 (283). – P. 351–363.
8. Taylor, P. M. Progress towards automated garment manufacture. Chapter II [Text] / P. M. Taylor, G. E. Taylor. – NATO ASI Series. Sensory Robotics for the Handling of Limp Materials, 1990. – P. 97–109. doi: 10.1007/978-3-642-75533-0_8
9. Kelley, R. B. Research on the automated handling of garments for pressing [Text] / R. B. Kelley // Fifth International Conference on Advanced Robotics 'Robots in Unstructured Environments, 1991. – P. 796–801. doi: 10.1109/icar.1991.240577
10. Schulz, G. Grippers for flexible textiles [Text] / G. Schulz // Fifth International Conference on Advanced Robotics 'Robots in Unstructured Environments, 1991. – P. 759–764. doi: 10.1109/icar.1991.240584
11. Karakerezisa, A. A gripper for handling flat non-rigid materials [Text] / A. Karakerezisa, Z. Doulgierib, V. Petridisb // Proceedings of the 11th International Symposium on Automation and Robotics in Construction, 1994. – P. 593–601. doi: 10.1016/b978-0-444-82044-0.50082-5
12. Patent US 7815184 B2, B65H3/52. Paper sheet separating and take-out device [Text] / Watanabe T., Asari Y., Naruoka Y., Hiramutsu N., Mitsuya Y. – Publication: 19.10.2010; registration: 11.05.2007
13. Patent US 5718424 A, B65H3/52. Sheet feeding device having a separating and prestressing device [Text]. – Publication: 17.02.1998; registration: 25.01.1996.
14. Patent US 7571800 B2, B65G27/16 Vibrating alignment conveyor [Text]. – Publication: 11.08.2009; registration: 30.10.2007.
15. Поповіченко, С. А. Способи підвищення надійності магазинних завантажувальних пристроїв взуттєвих машин [Текст] / С. А. Поповіченко, Л. М. Янкін // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. – 2005. – Т. 2, № 5 (25). – С. 44–46.
16. Янкін, Л. М. Визначення параметрів демпфування стосу зразків деталей низу взуття виготовлених з мікропористої гуми [Текст] / Л. М. Янкін, С. А. Поповіченко // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. – 2007. – № 5 (37). – С. 73–77.
17. Орловський, Б. В. Дослідження закономірностей постударного горизонтального руху деталі низу взуття з магазинного завантажувального пристрою [Текст] / Б. В. Орловський, С. А. Поповіченко // Вісник КНУТД. Спеціальний випуск, присвячений міжнародній Українсько-Польській науково-технічній конференції «Techno and Design». – 2012. – № 3. – С. 76–80.
18. Тихомиров, В. Б. Планирование и анализ эксперимента [Текст] / В. Б. Тихомиров. – М.: Легкая индустрия, 1974. – 262 с.