

Міністерство освіти та науки України

Луцький національний технічний
університет

НАУКОВІ НОТАТКИ

Міжвузівський збірник наукових праць
(за галузями знань «Фізико-
математичні науки» та «Технічні науки»)

Випуск 79-80

Луцьк 2024

Міжвузівський збірник наукових праць «Наукові нотатки» | «Naukovi Notatki» є фаховим виданням України, категорії Б.

Збірник зареєстрований Державною реєстраційною службою України (свідоцтво серія КВ, № 15901-4373ПР від 13.11.2019 р.). Збірнику присвоєно міжнародний стандартний серійний номер ISSN 24-15-39-66.

Рік заснування: 1993

Фахова реєстрація у ДАК України: Включено до категорії Б Переліку наукових фахових видань України за галузями знань «Фізико-математичні науки» та «Технічні науки» за науковими спеціальностями: 105 Прикладна фізика та наноматеріали; 131 Прикладна механіка; 132 Матеріалознавство; 133 Галузеве машинобудування – від 24.09.2020 р., Наказ МОН України № 1188

Періодичність – 4 рази на рік

Мова видання: українська, англійська

Засновник: Луцький національний технічний університет,

Україна, Волинська обл., 43018 Луцьк. вул. Львівська 75,

Редакція: тел. (0332) 26-25-19, E-mail: naukovi_notatki@lutsk-ntu.com.ua;
http://eforum.lntu.edu.ua/index.php/naukovi_notatky

Видання зареєстровано Національною радою України з питань телебачення і радіомовлення як суб'єкт у сфері друкованих медіа (рішення № 40 від 11.01.2024 р., ідентифікатор медіа **R30-2455**).

Склад редакції затверджено Вченою радою Луцького національного технічного університету (протокол №3 від 30.10. 2024 р.).

Р.В. Росул¹, О.В. Максютова¹, Ю.Б. Жигуц²Мукачівський державний університет¹
ДВНЗ «Ужгородський національний університет»²**ПОРІВНЯННЯ РЕСУРСОЗБЕРЕЖНИХ ПОКАЗНИКІВ МІКРОПРОЦЕСОРНОЇ
МАГНІТНО-ІМПУЛЬСНОЇ УСТАНОВКИ ТА ІСНУЮЧОГО ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНОГО
ПРЕСОВОГО ОБЛАДНАННЯ ПРИ ВИРУБАННІ ДЕТАЛЕЙ З ТЕКСТИЛЬНИХ
МАТЕРІАЛІВ**

У статті розглянуто порівняння техніко-економічних показників магнітно-імпульсної установки та існуючого електрогідролічного пресового обладнання. З урахуванням результатів досліджень розроблено і спроектовано магнітно-імпульсне пресове обладнання для виконання технологічних операцій легкої промисловості. За результатами експериментальних досліджень встановлено, що при швидкостях 4...7 м/с можна досягти занурення різаків в матеріал на глибину 0,7...0,9 його товщини. В результаті проведеного огляду технічної та патентної літератури встановлено, що серед вчених не існує єдиної думки щодо впливу швидкості інструменту на технологічне зусилля вирубування. Даних швидкостей можна досягти використовуючи пресове обладнання з електромагнітним двигуном та на магнітно-імпульсних установках. З метою визначення техніко-економічних показників магнітно-імпульсної установки було проведено вирубування деталі з натуральної м'якої шкіри товщиною 0,8 мм. різаків з максимально можливим периметром $L=150$ мм.

Для оцінки досягнутого технічного рівня магнітно-імпульсного пресу, а також порівняння його техніко-економічних показників з гідролічним пресовим обладнанням, було використано систему загальновідомих об'єктивних критеріїв. Розрахунок коефіцієнта, який враховує енерговитрати преса на 1 погонний мм деталі, що вирубується проводиться експериментальним шляхом. Суть даного коефіцієнта полягала в тому, що електрична енергія, яка споживається пресовим обладнанням, визначалася експериментальним шляхом за допомогою лічильника електричної енергії і порівняти з електроспоживанням магнітно-імпульсної установки.

В результаті розрахунків енерговитрати в кожному випадку склали: для преса ПВГ-8-2-0 – $1,1 \cdot 10^6$ Дж; для МІУ- $1,22 \cdot 10^4$ Дж. Тоді коефіцієнт енерговитрат склав відповідно 6,5 та 0,22. Окрім приведених загальновідомих об'єктивних критеріїв оцінки техніко-економічної ефективності слід проаналізувати технологічний цикл виконання операцій, що розглядаються в даній роботі для порівняння показників продуктивності використання магнітно-імпульсного пресового обладнання та електрогідролічного преса ПВГ-8-2-0. Встановлено, що при виконанні технологічних операцій (ТО) вирубування деталей з текстильних матеріалів на пресовому обладнанні з магнітно-імпульсною установкою (МІУ) необхідно досягти як можна більшої відповідності зусилля, що створює МІУ, технологічному зусиллю виконання ТО, що призведе до значної економії електроенергії за рахунок дискретного її споживання.

Ключові слова: різання; текстильні матеріал; корисна робота; ударник; мікропроцесорна магнітно-імпульсна установка; зусилля; цикл, енергія, пресове обладнання; технологічні властивості.

R. Rosul, O. Maksyutova, Y. Zhiguts

**COMPARISON OF RESOURCE-SAVING INDICATORS OF THE MICROPROCESSOR
BASED MAGNETIC- PULSE UNIT AND EXISTING ELECTROHYDRAULIC PRESS
EQUIPMENT WHEN CUTTING PARTS FROM TEXTILE MATERIALS**

The article deals with the comparison of the technical and economic indicators of the magnetic pulse installation and the existing electro-hydraulic press equipment. Taking into account the results of the research, magnetic pulse press equipment was developed and designed to perform technological operations in light industry. According to the results of experimental studies, it was established that at speeds of 4...7 m/s, the cutter can be immersed in the material to a depth of 0.7...0.9 of its thickness. As a result of the review of technical and patent literature, it was established that there is no consensus among scientists regarding the impact of tool speed on the cutting effort. These speeds can be achieved using press equipment with an electromagnetic motor and on magnetic pulse installations. In order to determine the technical and economic indicators of the magnetic pulse installation, a part made of natural soft leather with a thickness of 0.8 mm was cut. cutter with the maximum possible perimeter $L=150$ mm.

A system of well-known objective criteria was used to assess the achieved technical level of the magnetic pulse press, as well as to compare its technical and economic indicators with hydraulic press equipment. Calculation of the coefficient, which takes into account the energy consumption of the press per 1 linear mm of the cut part, was carried out experimentally.

The essence of this coefficient was that the electrical energy consumed by the press equipment was determined experimentally using an electrical energy meter and compared with the electrical energy consumption of the magnetic pulse installation. As a result of the calculations, the energy consumption in each case was: for the PVG-8-2-0 press – $1.1 \cdot 10^6$ J; for MIU- $1.22 \cdot 10^4$ J. Then the energy consumption coefficient was 6.5 and 0.22, respectively. In addition to the given well-known objective criteria for assessing technical and economic efficiency, the technological cycle of the operations considered in this work should be analyzed to compare the performance indicators of the use of magnetic-pulse press equipment and electro-hydraulic press PVG-8-2-0. It has been established that when performing technological operations (TO) of cutting parts from textile materials on press equipment with a magnetic pulse unit (MIU), it is necessary to achieve the greatest possible correspondence between the effort created by the MIU and the technological effort of performing maintenance, which will lead to a significant saving of electricity by account of its discrete consumption.

© Р.В. Росул, О.В. Максютова, Ю.Б. Жигуц

Key words: cutting; textile material; yield; percussionist; microprocessor magnetic pulse installation; effort; cycle, energy, press equipment; technological properties.

Актуальність теми дослідження. Закономірності, що характеризують процес різання анізотропних матеріалів, ще мало досліджені. Такі характеристики, як технологічне зусилля, стійкість інструменту та режими виконання технологічних операцій, входять в число основних параметрів, які визначають потужність, габарити, продуктивність та енергоощадність вирубного пресу. Особливо великий вплив має технологічне зусилля співставлене із зусиллям, яке необхідне для занурення різаків в матеріал плити на 0,5 мм, що забезпечує гарантоване вирубання. За результатами експериментальних досліджень встановлено, що при виконанні технологічних операцій вирубання деталей з текстильних матеріалів, як правило виникає випереджаючий розрив матеріалу. Глибина занурення різаків в матеріал залежить від наступних факторів: швидкості ударника та інструменту, матеріалу вирубної плити, коефіцієнтів тертя в системі «різак-матеріал-плита», геометричних параметрів інструменту. Встановлено, що при швидкостях 4...7 м/с можна досягти занурення різаків в матеріал на глибину 0,7...0,9 його товщини. Даних швидкостей можна досягти використовуючи пресове обладнання з електромагнітним двигуном оснащеного запропонованою енергоощадною мікропроцесорною магнітно-імпульсною установкою.

Постановка проблеми. З урахуванням результатів досліджень розроблене і спроектовано магнітно-імпульсне пресове обладнання для виконання технологічних операцій легкої промисловості. За результатами експериментальних досліджень встановлено, що при швидкостях 4...7 м/с можна досягти занурення різаків в матеріал на глибину 0,7...0,9 його товщини. Даних швидкостей можна досягти використовуючи пресове обладнання з електромагнітним двигуном та на магнітно-імпульсних установках.

Окрім приведених загальновідомих об'єктивних критеріїв оцінки техніко-економічної ефективності слід проаналізувати технологічний цикл виконання операцій, що розглядаються в даній роботі для порівняння показників продуктивності використання магнітно-імпульсного пресового обладнання та електрогідравлічного пресу ПВГ-8-2-0

Розрахунок коефіцієнта, який враховує енерговитрати преса на 1 погонний мм деталі, що вирубється проводився експериментальним шляхом. Суть даного коефіцієнта полягала в тому, що електрична енергія, яка споживається пресовим обладнанням, визначалася експериментальним шляхом за допомогою лічильника електричної енергії і порівняти з електроспоживанням магнітно-імпульсної установки.

Для оцінки досягнутого технічного рівня магнітно-імпульсного пресу, а також порівняння його техніко-економічних показників з гідравлічним пресовим обладнанням, було використано систему загальновідомих об'єктивних критеріїв.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Перші праці по дослідженню процесу різання шкіри, текстилю, картону, гуми належать Л.Я. Шуранову, Г.Ф. Гебелю, К.М. Платунову, Д.М. Сидорову, С.А. Черкудінову, І.Є. Антонечко, І.В. Можаяєву, І.І. Капустіну. К.М. Платунов і Д.М. Сидоров вперше використали осцилограф при проведенні експериментальних досліджень, визначивши при цьому зусилля, діючі при вирубванні шкіри. Досліди проводились з різними матеріалами з використанням набору різаків з різними кутами загострення та величиною притуплення.

В подальшому у вивченні проблеми різання матеріалів належать роботи вчених Ю.П. Зибіна, В.П. Зибіна, В.С. Лебедева, І.І. Архіпова, В.Н. Гарбарука, В.І. Толочко, А.І. Комісарова, В.П. Корнілова, К.П. Васильєва, М.І. Чобітько, Г.П. Базюка та інших [1]. Роботи цих авторів присвячені вивченню процесу різання методом вирубання. В основному дані роботи проводились в напрямках вивчення деформації матеріалів, знаходження зусиль різання, знаходження оптимальних параметрів ріжучого інструменту, а також економічного використання матеріалів.

Пресове електрогідравлічне обладнання, що використовувалось і використовується в теперішній час для виконання технологічних операцій легкої промисловості має порівняно невелику швидкість переміщення робочого органу (до 0,5 м/с) [2]. Так як процес вирубання матеріалів на даному обладнанні протікає з відносно малою швидкістю, в своїх дослідженнях автори виводять залежності для визначення статичного зусилля вирубання, нехтуючи при цьому динамічними явищами, що виникають. Що стосується впливу швидкості на технологічне зусилля при вирубванні в динамічному режимі, встановлено, що загальної точки зору серед вчених не існує. Поділ на статичний і динамічний режими умовний і по суті відображає лише діапазон швидкостей переміщення робочого органу.

В своїй монографії І.І. Капустін виводить лінійну залежність для визначення динамічного зусилля вирубування. Автор стверджує, що найбільший вплив на зусилля вирубування чинить величина притуплення різаків і кут загострення різаків. В межах швидкостей вирубування на електрогідравлічних пресах зусилля змінюється незначно. Відповідно можливе використання швидкісних режимів, що можна досягнути на існуючих конструкціях пресів для підвищення їх продуктивності.

В результаті проведеного огляду технічної та патентної літератури встановлено, що серед вчених не існує єдиної думки щодо впливу швидкості інструменту на технологічне зусилля вирубування.

Мета дослідження. Визначення ефективності застосування магнітно-імпульсного пресового обладнання, призначеного для виконання операції вирубування і проведення порівняння його техніко-економічних показників з гідравлічним пресом ПВГ-8-2-0.

Виклад основного матеріалу.

Розроблене магнітно-імпульсне пресове обладнання дає змогу виконувати операції вирубування та перфорування деталей з текстильного матеріалу.

Загальний вигляд магнітно-імпульсної установки, що призначена для виконання операції вирубування, представлено на рис. 4.4.

На рис. 1. представлена конструктивна схема магнітно-імпульсної установки [3,6]. Вона включає в себе закріплену на консолі 1 індукторну систему, що містить плоский індуктор 2, рухомий супутник 3, що продубльований технологічною прокладкою 4, а також направляючі шпильки 5.



Рис.1. Загальний вигляд магнітно-імпульсної установки: 1 – розрядник, 2 – корпус установки, 3 – індуктор, 4 – супутник, 5 – блок живлення.

Як відомо, продуктивність пресового обладнання при виконанні технологічних операцій вирубування та перфорування в основному залежить від швидкості робочого встановлювати і забирати деталь, що обробляється. З використанням автоматизації процесу завантаження і розвантаження деталей, що вирубуються, можна суттєво покращити продуктивність магнітно-імпульсного пресового обладнання. Це можна зробити за рахунок того, що повний час руху ударника (час холостого та робочого ходу) при виконанні одного вирубування на магнітно-імпульсній установці складає менше 1 с. Поліпшення даних показників в цілому приведе до зменшення собівартості виготовлення пресового обладнання.

З метою визначення техніко-економічних показників магнітно- імпульсної установки було проведено вирубування деталі з натуральної м'якої шкіри товщиною 0,8 мм різаків з максимально можливим периметром $L = 150$ мм.

Знаючи залежності $I=f(t)$, $U_{ком}=f(t)$, $\Delta h_B=f(t)$, $Q_2=f(t)$ можна знайти інші характеристики, а саме: корисну роботу $W_{кор}$, тобто роботу, яка витрачається на вирубування деталі; витрачену роботу, тобто енергію, що споживається з мережі $W_{сп}$.

Коефіцієнт корисної дії пресового обладнання визначається по формулі (1):

$$\eta = \frac{W_{кор}}{W_{сп}} 100\% \quad (1)$$

В свою чергу корисна робота, при виконанні операції вирубування, визначається (2):

© Р.В. Росул, О.В. Максютіна, Ю.Б. Жигуц

$$\eta = \frac{1}{2} \cdot Q_2 \cdot t_M \quad (2)$$

Енергія, що споживається пресовим обладнанням від джерела живлення за один цикл, вимірюється величиною площі, яка обмежена кривою потужності, що споживається $P(t)$ та віссю t (3):

$$W_{\text{сп}} = \int_{t_1}^{t_3} U_{\text{ком}}(t) I(t) dt = \int_{t_1}^{t_3} P(t) dt \quad (3)$$

Залежність $P(t)$ була отримана шляхом перемножування миттєвих значень величини струму в обмотці і напруги з залежностей $I=f(t)$, $U_{\text{ком}}=f(t)$.

Визначення корисної та витраченої робіт (табл.1) дало змогу знайти коефіцієнт корисної дії магнітно-імпульсної установки. В результаті розрахунків він склав 23,5 %.

З метою визначення ефективності застосування магнітно-імпульсного пресового обладнання, призначеного для виконання операції вирубання, було проведено порівняння його техніко-економічних показників з гідравлічним пресом ПВГ-8-2-0.

Технічні показники експериментального магнітно-імпульсного пресу та гідравлічного пресу ПВГ-8-2-0 приведені в табл.1 [120].

Табл. 1

Технічні показники магнітно-імпульсної установки та преса ПВГ-8-2-0

№ п/п	Показник	МІУ	ПВГ-8-2-0
1	Максимальна сила вирубання, кН:	20	80
2	Максимальний хід ударника, мм	0-20	0-30
3	Максимальний периметр деталі, що вирубється (з м'якої шкіри верху), мм:	150	826,4
4	Продуктивність, деталей в час	345	285
5	Корисна робота, Дж	8	—
6	Енергія, що споживається за 1 удар, Вт	34	—
7	Максимальна потужність, що споживається за год, Вт	$1,22 \cdot 10^4$	$1,1 \cdot 106$
8	ККД, %	23,5	—
9	Розмір по фронту, мм	350	1280
10	Глибина, мм	535	1050
11	Висота, мм	780	1470
12	Маса, кг	87,5	1100

Для оцінки досягнутого технічного рівня магнітно-імпульсного пресу, а також порівняння його техніко-економічних показників з гідравлічним пресовим обладнанням, було використано систему загальновідомих об'єктивних критеріїв (табл.2) [4].

Табл. 2

Техніко-економічні показники пресового обладнання

№ п/п	Критерій порівняння пресового обладнання	ПВГ-8-2-0	МІУ
1	Коефіцієнт відносної маси k_M , $\text{кг}/\text{кН}$	13,75	0,94
2	Коефіцієнт відносної площі $k_{\text{пл}}$, $\text{м}^2/\text{кН}$.	0,02	0,009
3	Коефіцієнт енерговитрат k_e , $\text{Дж}/\text{мм}$.	6,38	0,22

Перший критерій – це коефіцієнт відносної маси машини k_M . Найбільш ефективним пресовим обладнанням є те обладнання, в якого цей коефіцієнт менший [5].

Коефіцієнт відносної маси машини визначається за формулою (4):

$$k_M = \frac{G_M}{Q_2} \quad (4)$$

де G_M - загальна маса машини.

Другий критерій-це коефіцієнт відносної площі $k_{\text{пл}}$. Найбільш ефективним пресовим обладнанням, як і в першому випадку, є пресове обладнання, в якого даний коефіцієнт менший [5].

Коефіцієнт відносної площі визначається за формулою (5):

$$k_{\text{пл}} = \frac{S_n}{Q_2} \quad (5)$$

де S_n -площа, яку займає пресове обладнання.

Для порівняння енергетичних витрат даних пресів було введено коефіцієнт енерговитрат k_e . Енергетичні витрати пресового обладнання були визначенні виходячи з того, скільки споживається електричної енергії на 1 погонний мм деталі, що вирубуеться.

Коефіцієнт k_e , який враховує енерговитрати преса на 1 пог. мм деталі, що вирубуеться, визначається за формулою (6):

$$k_e = \frac{W_1}{n_1 L} \quad (6)$$

де W_1 - кількість електричної енергії, яку споживає пресове обладнання;

n_1 - кількість деталей, що були вирубані.

Розрахунок даного коефіцієнта проводився експериментальним шляхом. Суть його полягала в тому, що електрична енергія, яка споживається пресовим обладнанням, визначалася експериментальним шляхом за допомогою лічильника електричної енергії. Споживана електрична енергія для гідравлічного преса ПВГ-8-2-0 визначалася за одну годину роботи при вирубванні 570 деталей. При вирубванні на магнітно-імпульсному пресовому обладнанні електрична енергія споживається тільки під час виконання даної операції. Тому вона визначалася при вирубванні такої ж кількості деталей, як і на гідравлічному пресі. Параметри різаків і деталі в кожному випадку були однаковими. В результаті розрахунків енерговитрати в кожному випадку склали: для преса ПВГ-8-2-0 – $1,1 \cdot 10^6$ Дж; для МІУ – $1,22 \cdot 10^4$ Дж. Тоді коефіцієнт енерговитрат склав відповідно 6,5 та 0,22.

Окрім приведених загальновідомих об'єктивних критеріїв оцінки техніко-економічної ефективності слід проаналізувати технологічний цикл виконання операцій, що розглядаються в даній роботі для порівняння показників продуктивності використання магнітно-імпульсного пресового обладнання та електрогідравлічного преса ПВГ-8-2-0 (рис. 2).

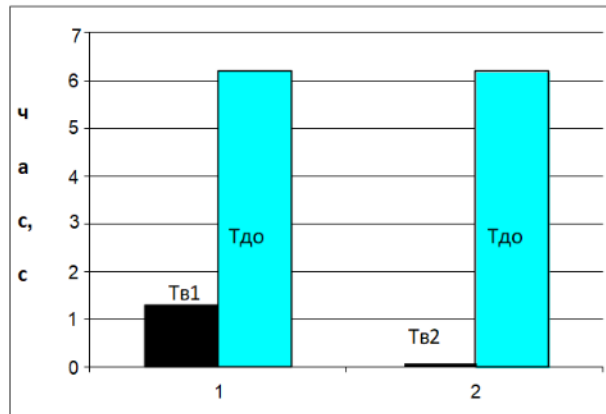


Рис. 2. Гістограма технологічного циклу вирубання 1 деталі: 1 – на пресі ПВГ – 8–2–0; 2 – на магнітно-імпульсному обладнанні, де Тв1, Тв2 – час, що витрачається на безпосереднє вирубання деталі, Тдо – час на виконання допоміжних операцій.

Проаналізуємо рис.2, де Тв1, Тв2 – час, що витрачається на безпосереднє вирубання відповідно на електрогідравлічному та магнітно-імпульсному обладнанні, с; Тдо – час на виконання допоміжних операцій, с. При вирубванні одного і того ж виду матеріалу час допоміжних операцій як на електрогідравлічному так і на магнітно-імпульсному пресовому обладнанні буде однаковим. Враховуючи те, що швидкість руху ударника магнітно- імпульсної установки, як мінімум, на порядок вище преса ПВГ –8–2–0, то час, що витрачається на безпосереднє вирубання відповідно на порядок менший.

В результаті виробничих спостережень та хронометражу робочого часу оператора преса ПВГ– 8–2–0 встановлено, що технологічний цикл вирубання 1 деталі в середньому складає 7,5 сек., а час, що витрачається на безпосереднє вирубання 1,3 сек. Протягом зміни на одній машині здійснюється 3000 – 3200 циклів вирубвань. Результати виробничих спостережень зведено в табл.3.

При використанні запропонованого типу магнітно-імпульсного обладнання час, що витрачається на безпосереднє вирубання залежить від швидкості робочого органу, і лежить в межах 0,004...0,0002 сек. В табл. 3 приведено максимальне значення часу, що витрачається на безпосереднє вирубання. Проаналізувавши результати приведені в табл. 3, можна зробити наступний висновок: збільшення швидкості ударника магнітно-імпульсної установки, яка є регульованою в запропонованій конструкції, не призведе до подальшого підвищення продуктивності праці. Проте таке збільшення призводить до значного покращення якості виконання технологічних операцій вирубання та перфорування, а саме чистоти зрізу.

© Р.В. Росул, О.В. Максютова, Ю.Б. Жигуц

Хронометраж технологічної операції вирубування деталей верху взуття з натуральних шкір

Найменування обладнання	Тривалість технологічного циклу, с.	Час, що витрачається на безпосереднє вирубування, с.	Середня кількість циклів протягом зміни, шт.	Підвищення продуктивності праці в результаті впровадження нового МПО, %
ПВГ –8 –2–0	7,5	1,3	3100	21
Магнітно-імпульсне ПО (МПО)	6,2	0,004 (при $V_{y\partial}=5\text{ м/с}$)	3750	

Висновки.

Встановлено, що при виконанні технологічних операцій (ТО) вирубування деталей з текстильних матеріалів на пресовому обладнанні з магнітно-імпульсною установкою (МІУ) необхідно досягти як можна більшої відповідності зусилля, що створює МІУ, технологічному зусиллю виконання ТО, що призведе до значної економії електроенергії за рахунок дискретного її споживання.

Визначено, що циклові витрати електроенергії при виконанні технологічної операції вирубування на магнітно-імпульсній установці в 29 разів менші в порівнянні з енерговитратами при використанні пресу ПВГ –8–2–0, на що вказують коефіцієнти.

Встановлено, що збільшення швидкості вирубування, яке досягається за допомогою оснащення пресового обладнання МІУ, призводить до покращення чистоти торцевої поверхні деталі та до збільшення технологічного зусилля

В подальших дослідженнях передбачається оснащення розглянутого устаткування пристроєм для регулювання положення ударника відносно плити та передбачити в конструкції обладнання наявність спеціальних „стопів”.

Список використаних джерел

1. Прибега Д. В. Удосконалення процесу розкроювання та перфорування деталей верху взуття: Дис.... канд. техн. наук: 05.19.06. – Х., 2006. – 16 с
2. Поліщук О.С. Підвищення ефективності застосування пресового обладнання в легкій промисловості: Дис. ... канд. техн. наук: 05.05.10 / КНУТД.– К., 2001. – 155 с.
3. Пат. 9927 Україна, МКИ А 43 D 8/04. Прес для вирубування деталей з листового матеріалу та натуральної шкіри / Д.В. Прибега, А.К. Кармаліта, О.С.Поліщук – № u200503939; Заявл. 25.04.05; Опубл. 17.10.05, Бюл. №10. – 3 с.
4. В. А. Стародубів Розрахунок параметрів магнітно-імпульсної системи // Ковально-штампувальне виробництво. – 1994. – №3 – С. 95 – 98.
5. Поліщук О.С. Підвищення ефективності застосування пресового обладнання в легкій промисловості: Дис. канд. техн. наук: 05.05.10 / КНУТД.– К., 2001. – 155 с.
6. James Clerk (1881), A treatise on electricity and magnetism, Vol.II, Chapter III, § 530, p. 178. Oxford, UK: Clarendon Press.ISBN 0-486-60637-6.



МУКАЧІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

89600, м. Мукачево, вул. Ужгородська, 26

тел./факс +380-3131-21109

Веб-сайт університету: www.msu.edu.ua

E-mail: info@msu.edu.ua, pr@mail.msu.edu.ua

Веб-сайт Інституційного репозитарію Наукової бібліотеки МДУ: <http://dspace.msu.edu.ua:8080>

Веб-сайт Наукової бібліотеки МДУ: <http://msu.edu.ua/library/>