

УДК 621.798:676.84.05

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ОЦІНКА ВПЛИВУ ШВИДКІСНОГО РЕЖИМУ НА СИЛОВІ НАВАНТАЖЕННЯ КОМБІНОВАНОГО МЕХАНІЗМУ ПРИВОДА НАТИСКНОЇ ПЛИТИ ПРИ ШТАНЦЮВАННІ КАРТОНУ

І. І. Ререї, С. В. Терницький, Н. М. Кандяк, В. В. Влах

Українська академія друкарства,  
вул. Під Голоском, 19, Львів, 79020, Україна

*Розроблено та виготовлено експериментальний дослідний стенд для досліджень комбінованого механізму приводу натискної плити штанцювального преса плоского типу. Експериментально встановлено значення крутного моменту на привідному валу механізму в процесі висікання картонних заготовок різної товщини та досліджено його залежність від швидкості його роботи. Виявлено, що при збільшенні частоти обертання кривошипа, що спричинює зростання швидкості висікання картонних заготовок, спостерігається зменшення крутних моментів на привідному валу механізму. Підтверджено ефективність модернізації механізму приводу натискної плити плоских штанцювальних пресів застосуванням запропонованого механізму з огляду на можливість експлуатації механізму на різних швидкісних режимах.*

**Ключові слова:** *пакування, штанцювальний прес, висікання, ежекторні подушки, кривошипно-повзунний механізм, картон, крутний момент, частота обертання, тахометр.*

**Постановка проблеми.** У штанцювальних машинах-автоматах для приводу рухомої натискної плити використовують спеціальні шарнірно-важільні механізми [1], які працюють за принципом розклинювання. Завдяки такій будові забезпечується необхідне зусилля притиску, якого достатньо для якісного виготовлення картонних розгортки.

Наявні механізми приводу натискної плити характеризуються непаралельністю руху протягом циклу штанцювання. Це явище призводить до нерівномірного розподілу навантаження, швидкого зношення деталей преса, а також до погіршення якості штанцювання розгортки. Для мінімізації існуючих недоліків запропоновано комбінований механізм приводу нижньої натискної плити, який складається з двох пар кривошипно-повзунних контурів — ведучих та ведених [2]. Проведений аналіз кінематичних параметрів запропонованого механізму засвідчив, що повзуни рухаються з однаковими швидкостями, зберігаючи паралельність натискної плити, завдяки чому усуваються існуючі недоліки.

Забезпечення сучасної продуктивності штанцювального устаткування вимагає, щоб запропонований механізм приводу натискної плити був здатен працювати на потрібних швидкостях. Для підтвердження його працездатності проведено

дослідження із використанням експериментального дослідного стенда, та застосуванням методів тензометрії. Для виявлення впливу швидкодії роботи механізму виникає потреба у забезпеченні зміни та контролю частоти обертання привідного вала механізму, що забезпечено конструкцією експериментального дослідного стенда.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** У праці [3] автор провів експериментальне дослідження плоского штанцювального преса, у результаті отримано загальні навантаження у пресі із виявленням деформації найподатливіших ланок. У праці [4] автори досліджували технологічно необхідні зусилля висікання розгортки картонних паковань у пресах плоского типу, проте недосліджено вплив швидкості на зусилля. Аналіз праці [5] засвідчив, що автори запропонували створювати попередній натяг у системі штанцювального преса для стабілізації його роботи та забезпечення плоскопаралельного переміщення натискної плити. Запропонований механізм приводу натискної плити дозволяє уникати налаштування преса. У праці [6] розглянуто процес виготовлення картонних паковань із застосуванням ножичного різання, наведено результати аналітичних досліджень впливу геометричних параметрів прямого прорізного ножа на кінематичні параметри процесу різання картону для мінімізації енергосилових навантажень під час проектування вирізувального інструменту. Аналіз структурної побудови преса штанцювальної машини та дослідження параметричних особливостей роботи його приводу виявлено у праці [7]. Досліджено вплив кінематичних характеристик руху виконавчих ланок на особливості розподілу навантажень комбінованого механізму приводу натискної плити штанцювальної машини, а також запропоновано заходи щодо мінімізації негативних аспектів роботи такого механізму.

За результатами аналізу останніх наукових праць не виявлено досліджень залежності силових навантажень, що виникають на привідному валу механізму приводу натискної плити від частоти обертання вала під час висікання картонних заготовок різної товщини із змінним розташуванням волокон картону щодо інструменту.

**Мета статті** — встановлення впливу швидкісних параметрів механізму приводу натискної плити плоского штанцювального преса на силове навантаження приводу із врахуванням впливу товщини картонної заготовки та напрямку розташування волокон щодо висікальної лінійки.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Для дослідження спроектовано та створено експериментальний дослідний стенд, що дозволяє вимірювання крутного моменту на привідному валу механізму із одночасною зміною та контролем частоти обертання привідного вала.

Картонна заготовка (рис. 1) поміщається на штанцювальну форму 3 із висікальною лінійкою довжиною 40 мм та товщиною 3 пункти та ежекторні подушки. Завдяки запропонованому механізму приводу натискна плита здійснює зворотно-поступальний рух до моменту завершення процесу висікання та врізання висікальної лінійки в опорну поверхню 1. Привід натискної плити здійснюється комбінованим механізмом. Натискна плита закріплена на веденому повзуні 4, який

приводиться в рух від ведучого повзуна 6 через шатун 5. Ведучий повзун 6 приводиться від кривошипа 8 через шатун 7, який виконаний у вигляді регульованої тяги (напівтяги  $7_1$  та  $7_2$ , втулка із різьбою  $7_3$ , гайки  $7_4$  та  $7_5$ ).

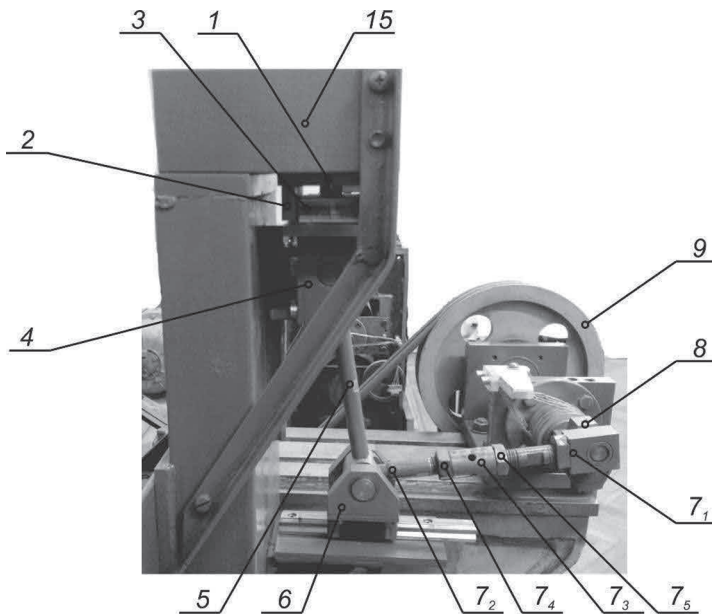


Рис. 1. Механізм привода натискної плити штанцювального преса (фото)

Змінна довжина шатуна 7 уможливіє компенсацію зазорів у шарнірах та можливість незначного регулювання ходу натискної плити, що є необхідним для налаштування забезпечення дорізання картонної заготовки. Кривошип 8 розташований на одному валу із веденим шківом клинопасової передачі, що приводиться від двигуна постійного струму. Для вимірювань крутного моменту на привідному валу запропонованого механізму згідно з рекомендаціями наклеєно чотири тензорезистори з базою 15 мм і опором 148,8 Ом, з'єднаних за повною мостовою схемою, що забезпечує термокомпенсацію та компенсацію згину. Реєстрацію показів з тензометричних давачів здійснювали з використанням універсального швидкісного восьмиканального аналогово-цифрового перетворювача (АЦП) — модуля *USB-3000*, що призначений для побудови систем збору і опрацювання аналогової та цифрової інформації. Модуль використовує інтерфейс *USB*, що значно спрощує процес підключення його до персонального комп'ютера (ПК) і забезпечує можливість роботи з ним в режимі реального *Plug&Play* [8].

У процесі проведення експериментальних досліджень виникає необхідність задання певної кутової швидкості на привідному валу та контролю її величини протягом вимірювання. Для цього було застосовано високоточний безконтактний тахометр *DT-2234C*. Перевагою і особливістю цього пристрою є те, що його не потрібно якимось чином підключати до електричної схеми установки та обробляти покази за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення.

Електронний лазерний тахометр 1 (рис. 2) оснащений великим дисплеєм, здатним відображати покази із досить високою точністю і маленькою ймовірністю похибки. За його допомогою можна робити виміри з частотою обертання поверхні в межах від двох з половиною до 99 999 обертів за хвилину. Лазерний тахометр проводить вимірювання лазерним методом. Тобто проводиться аналіз цифр відбитого лазерного імпульсу від мітки 2 відбивального матеріалу, що закріплюється на рухомій частині валу 3. Особливостями застосованого безконтактного тахометра є цифрове вимірювання за допомогою лазерного методу вимірювання (аналіз відбитого лазерного сигналу), що забезпечує отримання достовірних результатів вимірювань.

Програмою проведення експериментальних досліджень комбінованого механізму приводу натискної плити передбачено встановлення залежності крутних моментів на привідному валу, що виникають в процесі висікання картонної заготовки різної товщини за різних значень швидкості роботи лабораторного дослідного стенда. Дослідження виконано із використанням картону хром-ерзац крейдований трьох товщин ( $\Delta = 0,3$  мм; 0,5 мм; 0,7 мм) при змінній частоті обертання привідного валу ( $n = 40$  об/хв; 80 об/хв; 160 об/хв).

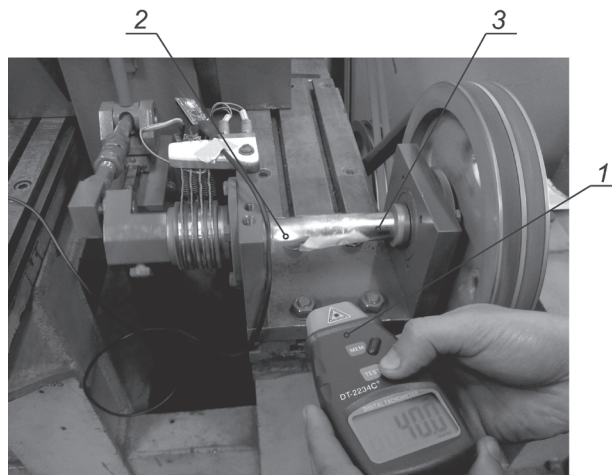


Рис. 2. Компонент технічних засобів для вимірювання кутової швидкості на привідному валу механізму (фото)

Для тарування показів вимірювальної апаратури, комбінований механізм пристрою встановлюється у певній позиції (одне з крайніх положень). Шків привідного валу жорстко фіксується в цьому положенні. Після реєстрації початкових значень показів послідовно додають вантажі з відомою масою і записуються отримані значення показів самописця *USB-3000*. Дійсні значення крутного моменту на вихідному валу визначають за відомими масами вантажів, величиною і плечем прикладання сили.

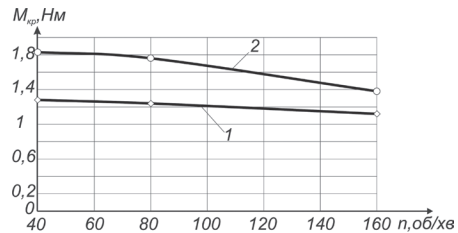
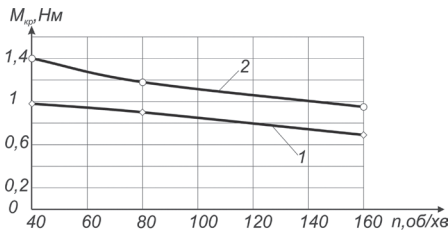
Опрацювання результатів експериментальних досліджень виконано у системі *MS Excel*, в яку дані експортувались від самописця. Результати опрацювання экс-

периментальних даних визначення крутних моментів на привідному валі комбінованого механізму приводу натискної плити представлено у вигляді таблиці (табл. 1).

Таблиця 1

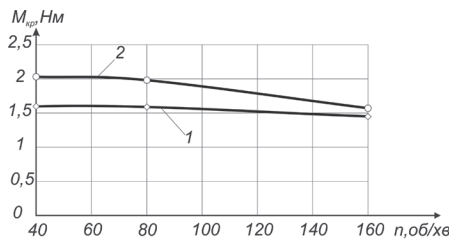
**Експериментальні значення крутного моменту на привідному валі механізму**

Товщина $\Delta$ (мм)  маса $m$ м2 картону (г/м2)	Крутний момент $M_{кр}$ (Нм)					
	Вздовж волокон			Поперек волокон		
	Частота обертання кривошипа $n$ (об/хв)					
	40	80	160	40	80	160
0,3 250	0,98	0,9	0,69	1,4	1,18	0,95
0,5 380	1,28	1,24	1,12	1,83	1,76	1,38
0,7 520	1,63	1,57	1,45	2,03	1,98	1,57



а

б



в

Рис. 3. Графіки залежності крутного моменту на привідному валу механізму від частоти обертання кривошипа при розташуванні висікальної лінійки вздовж (1) та поперек (2) волокон для картону завтовшки 0,3 мм (а); 0,5 мм (б); 0,7 мм (в)

У процесі проведення експериментальних досліджень та опрацювання отриманих даних виявлено, що значення крутного моменту на привідному валу комбінованого механізму приводу натискної плити плавно знижуються із збільшенням частоти обертання кривошипа. За даними із таблиці 1 побудовано графіки (рис. 3) залежності крутного моменту на привідному валу механізму від частоти обертання кривошипа, що відображають результати проведених експериментальних досліджень механізму.

Як видно із графіків (рис. 3), при збільшенні частоти обертання кривошипа, що збільшує швидкість висікання картонної заготовки, спостерігається зменшення крутних моментів на привідному валу механізму. Так, при збільшенні частоти обертання в чотири рази від 40 об/хв до 160 об/хв спостерігається зниження значень крутного моменту на привідному валу механізму для картонів товщиною 0,5 мм та 0,7 мм на 13%, а для тонкого картону товщиною 0,3 мм — на 30 %.

**Висновки.** Для картону, що застосовується для виготовлення споживчих паковань, експериментально встановлені значення крутних моментів на привідному валу механізму, що виникають в процесі висікання картонної заготовки залежно від типу картону та напрямку розташування волокон щодо висікальної лінійки. Встановлено, що за збільшення частоти обертання кривошипа спостерігається зменшення крутних моментів на привідному валу механізму. При збільшенні частоти обертання в чотири рази спостерігається зменшення крутного моменту в межах 13–30 %.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Регей І. І. Споживче картонне пакування (матеріали, проектування, обладнання для виготовлення) : навч. посіб. Львів : УАД, 2011. 144 с.
2. Кузнецов В. О., Регей І. І., Влах В. В. Модернізація механізму приводу натискної плити у штанцювальному пресі. *Поліграфія і видавнича справа*. 2017. № 1. С. 56–62.
3. Банах Ю. О. Експериментальне дослідження процесу штанцювання на пресах тигельного типу з підвищеною точністю базування його робочих органів. *Поліграфія і видавнича справа*. 1998. № 34. С.159–163.
4. Терницький С.В. Дослідження зусиль висікання розгорток картонних паковань. *Упаковка*. 2011. № 3. С. 28–31.
5. Чехман Я. І., Терницький С. В. Штанцювальний прес для виготовлення розгорток картонних паковань (забезпечення стабільних умов роботи). *Упаковка*. 2013. № 1. С. 51–53.
6. Регей І. І., угрин Я. М. Дослідження кінематичних параметрів різання картону прямим прорізним ножом. *Наукові записки [Української академії друкарства]*. 2001. № 3. С. 6–8.
7. Кузнецов В. О. Параметричні дослідження механізму приводу натискної плити у штанцювальному автоматі. *Упаковка*. 2012. № 6. С. 31–34.
8. Модуль АЦП/ЦАП USB3000. Руководство пользователя. 2006. с. 18.

#### REFERENCES

1. Rehei, I. I. (2011). *Spozhyvche kartonne pakovannia (materialy, proektuvannia, obladnannia dlia vyhotovlennia)*. Lviv : UAD (in Ukrainian).

2. Kuznetsov, V. O., Rehei, I. I., & Vlakh, V. V. (2017). Modernizatsiia mekhanizmu pryvoda natysknoi plyty u shtantsiuvalnomu presi: Polihrafiia i vydavnycha sprava, 1, 56–62 (in Ukrainian).
  3. Banakh, Yu. O. (1998). Eksperymentalne doslidzhennia protsesu shtantsiuвання na presakh tyhelnoho typu z pidvyshchenoiu tochnistiu bazuvannia yoho robochykh orhaniv: Polihrafiia i vydavnycha sprava, 34, 159–163 (in Ukrainian).
  4. Ternytskyi, S. V. (2011). Doslidzhennia zusyl vysikannia rozghortok kartonnykh pakovan: Upakovka, 3, 28–31 (in Ukrainian).
  5. Chekhman, Ya. I., & Ternytskyi, S. V. (2013). Shtantsiuvalnyi pres dlia vyhotovlennia rozghortok kartonnykh pakovan (zabezpechennia stabilnykh umov roboty): Upakovka, 1, 51–53 (in Ukrainian).
  6. Rehei, I. I., & Uhryn, Ya. M. (2001). Doslidzhennia kinematychnykh parametriv rizannia kartonu priamym proriznym nozhem: Naukovi zapysky [Ukrainskoi akademii drukarstva], 3, 6–8 (in Ukrainian).
  7. Kuznetsov, V. O. (2012). Parametrychni doslidzhennia mekhanizmu pryvoda natysknoi plyty u shtantsiuvalnomu avtomati: Upakovka, 6, 31–34 (in Ukrainian).
  8. Modul ATcP/TcAP USB3000. Rukovodstvo polzovatel'ia. (2006) (in Russian).
- doi: 10.32403/0554-4866-2018-1-75-43-50

### **EXPERIMENTAL EVALUATION OF THE SPEED MODE EFFECT ON POWER LOADS OF THE COMBINED MECHANISM OF THE PRESS PLATE DRIVE AT CARDBOARD DIE-CUTTING**

S. V. Ternytskyi, N. M. Kandiak, V. V. Vlakh

*Ukrainian Academy of Printing,  
19, Pid Holoskom St., Lviv, 79020, Ukraine  
serhij86@gmail.com*

*A laboratory test device for experimental research of a combined mechanism of the press plate drive in a flat die-cutting press has been developed and designed. The torque value on the drive shaft of the mechanism has been experimentally determined during the process of cutting of the cardboard samples of different thickness.*

*The article is focused on the research of the torques on the drive shaft of the combined mechanism of the press plate that arise in the process of die-cutting the cardboard involutes with different thickness at different values of the speed of the laboratory test device.*

*A high-precision contactless tachometer has been used for the study of angular velocity on the drive shaft and control of its value during the experimental study. The strain gauge sensors have been used to measure the torque values on the drive shaft of the combined mechanism of the press plate.*

*It has been revealed that increasing of the crankshaft, which increases the cutting speed, causes a decrease of torque on the drive shaft of the mechanism. The efficiency of the modernization of the press plate drive mechanism in flat die-cutting presses has*

*been confirmed by the application of the suggested mechanism in view of the possibility to operate at various speeds.*

*It has been revealed that an increase in the rotation speed of drive shaft by four times from 40 rpm to 160 rpm leads to a decrease of the torque values on the drive shaft of the mechanism for cardboard with the thickness of 0.5 mm and 0.7 mm by 13%, and for thin cardboard with thickness of 0.3 mm — by 30%.*

*The results of experimental studies have proved the expediency of improving the flat die-cutting presses by the mechanism of the lower press plate drive.*

**Keywords:** *packaging, die-cutting press, cutting, ejector pillow, crank-crosshead mechanism, cardboard, torque, rotation frequency, tachometer.*

*Стаття надійшла до редакції 07.02.2018.*

*Received 07.02.2018.*