

УДК 621.798:676.84.05

# Прискорення натискної плити в плоскому штанцювальному пресі (експериментальна оцінка)

І.І. Рєгей, д.т.н., С.В. Терницький, к.т.н., Н.М. Кандяк, к.т.н.,  
Українська академія друкарства, м. Львів

У штанцювальних машинах-автоматах для привода рухомої натискної плити використовують спеціальні шарнірно-важільні механізми [1]. Їх специфіка полягає у використанні ефекту «розклинювання», завдяки якому при незначних переміщеннях і відносно невеликих зусиллях на входних ланках механізму зусилля притиску натискної плити досягають значних величин, необхідних для успішного виконання технологічної операції штанцювання розгортки.

Проведений аналіз функціонування широко використовуваних механізмів привода натискної плити виявив негативне явище – хитний рух нижньої рухомої плити штанцювального преса в процесі виконання робочого та холостого ходів. Оскільки натискна плита упродовж штанцювання переборює доволі значні навантаження, то згадане явище посилює зношування повзунів та може викликати їх заклинювання в напрямних. Водночас відхилення від паралельності плит у штанцювальному пресі суттєво ускладнює його налагодження.

Раніше, у праці [2], на базі комбінованого механізму привода нижньої натискної плити було запропоновано альтернативний, який складається з двох пар кривошипно-повзунних контурів – ведучих та ведених. Також було наведено математичні залежності для дослідження кінематичних параметрів руху повзунів, приєднаних до натискної плити штанцювального преса. За результатами аналітичних досліджень кінематичних параметрів запропонованого механізму встановлено, що вертикальні повзуни мають однакову швидкість, забезпечують строгу паралельність натискної плити до опорної площини. Окрім того, процес штанцювання розгортки завершується за відсутності прискорення натискної плити.

Дослідження проводились на спеціальному експериментальному стенді штанцювального преса. Картонну заготовку КЗ (рис. 1) встановлюють на штанцювальній формі 11, закріпленій нерухомо на натискній плиті механізму, що здійснює зворотно-поступальний рух. Вертикальне переміщення натискної плити відбувається до моменту контакту висікальної лінійки та опорної поверхні, нерухомо закріпленої на станині 12. Привод натискної плити забезпечується комбінованим механізмом. Натискна плита закріплена на веденому повзуні 10, який приводиться в рух від ведучого повзу-

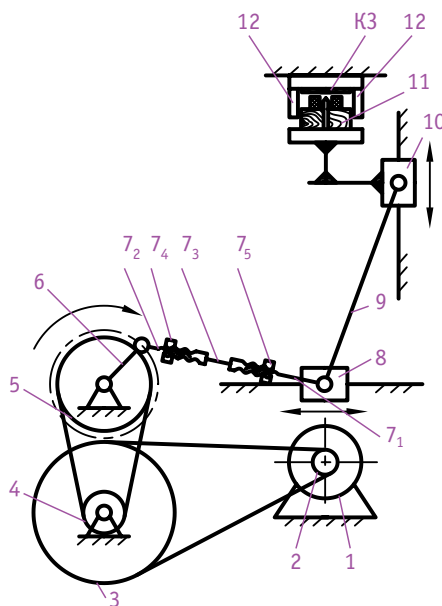


Рис. 1. Кінематична схема експериментального стенда для дослідження комбінованого механізму привода натискної плити

на 8 через шатун 9. Ведучий повзун 8 приводиться від кривошипа 6 через шатун 7, який виконаний у вигляді регульованої тяги. Регульована тяга 7 складається із напівтяг 7<sub>1</sub> та 7<sub>2</sub>, втулки із різьбою 7<sub>3</sub>, що забезпечує зміну розміру шатуна. Для надійного фіксування необхідного розміру шатуна 7 застосовуються гайки 7<sub>4</sub> та 7<sub>5</sub>. Змінна довжина шатуна 7 уможливіє компенсацію зазорів у шарнірах та можливість регулювання ходу натискної плити.



Кривошип 6 зафіксовано на одному валу з веденим шківом 5 клинопасової передачі. Кривошип обертається із заданою кутовою швидкістю. Обертовий рух веденому шківу 5 забезпечується двома клинопасовими передачами від електродвигуна постійного струму 1. Ведучий шків 2 першої клинопасової передачі розташований на валу двигуна 1, а ведений 3 – на проміжному валу спільно з ведучим шківом 4 другої клинопасової передачі.

Для підтвердження достовірності виконаних аналітичних досліджень стосовно запропонованого механізму привода натискної плити штанцювального преса та перевірки його працездатності проведено експериментальні дослідження. Параметри запропонованого механізму експериментально досліджено в лабораторних умовах на спеціально сконструйованому й виготовленому експериментальному стенді.

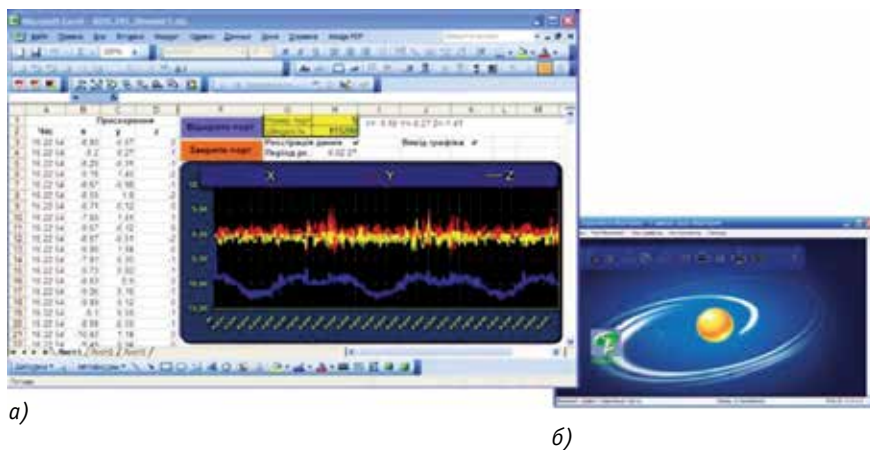


Рис. 2. Дослідження прискорення натискної плити: вікно програми приймання, оброблення та збереження даних (а); вікно програми приймання даних із давача (б)

Для визначення прискорення натискної плити преса застосовано акселерометр, що дає змогу виміряти кут нахилу, силу інерції, вібрацію та ударні навантаження. Для дослідження застосовано давач, який складається із акселерометра MMA7361, модуля Bluetooth HC05 і мікроконтролера ATmega8a. Живлення датчика здійснюється від *li-polymer* акумулятора місткістю 150 mAh. [3].

Принцип роботи акселерометра MMA7361 базується на зміні ємності трьох конденсаторів. Він працює за принципом вимірювання ємності між рухомих електродом, який зазвичай розташований на рухомій частині акселерометра (сенсорний елемент) і стаціонарними електродами, що містяться на корпусі. У результаті дії прискорення на рухомі обкладки конденсаторів ємність змінюється та перетворюється на напругу. Окрім того, сигнали в кожному з трьох каналів підсилюються, проходять через фільтри низьких частот та етапи компенсації температури й переходять на відповідні виходи.

Для роботи мікроконтролера ATmega8a написано програму, яка оцифровує дані з акселерометра й передає їх на персональний комп'ютер по бездротовому зв'язку за допомогою модуля Bluetooth HC05.

Для бездротового прийому сигналу по Bluetooth v2.0 + EDR протоколу від давача використано модуль Bluetooth і програму IVT Bluesoleil (рис. 2б), що

приймає дані з датчика та створює віртуальний COM-порт, у який передаються дані від давачів. Для прийому та відображення даних використано програму MS Excel зі спеціально написаними макросами (рис. 2а), яка графічно відображає прискорення по трьох осях та уможливує тарування одержаних даних і подальше їх оброблення [4].

Прискорення натискної плити визначено за допомогою описаного вище акселерометра. Для оброблення отриманих експериментальних даних застосовано програму MS Excel, яка має ряд статистичних функцій, функцій згладжування та опису кривих [5, 6]. Отримані дані в середовищі MS Excel тарували та виводили у вигляді діаграм. Експериментальну криву в діаграмі накладали та апроксимували за до-

помогою лінії тренду. Використання лінії тренду дає змогу спростити отримані експериментальні діаграми та математично описати функцію, отриману експериментальним шляхом, а також із потрібною точністю виконати прогнозування результатів. MS Excel дає цілий ряд можливих варіантів лінії тренду, що різняться точністю опису експериментальної діаграми.

Вимірювання прискорень натискної плити проведено на різних швидкостях роботи механізму. У результаті досліджень оцінено отримані дані та проведено порівняння з аналітичними дослідженнями, які підтверджують, що процес штанцювання розгортки завершується за відсутності прискорення натискної плити.

Уздовж осі абсцис відкладено час, який дорівнює діленню кількості отриманих експериментальних значень на частоту вибірки аналогово-частотного перетворювача. Результат дослідження за швидкості обертання привідного вала 160 об/хв представлено у вигляді графіка (рис. 3). При проведенні експерименту на результат впливає багато факторів: зазори в кінематичних парах, характеристики привода, шуми електронних приладів. Для спрощення експериментальної діаграми було проведено її апроксимацію поліноміальною лінією тренду. Степінь полінома визначається кількістю екстремумів кривої (у даному разі обрано поліном 6-го степеня), що забезпечує відповідність між експериментальною та апроксимованою кривими.

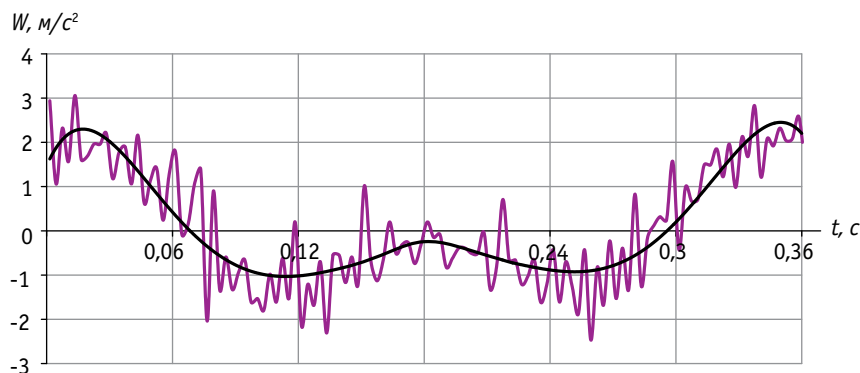


Рис. 3. Експериментальна крива прискорення натискної плити (1) та накладена лінія тренду (2)

Отримана діаграма демонструє, що, незважаючи на коливання, прискорення натискної плити має прогнозований характер та в момент штанцювання картону практично досягає нульового значення. Для порівняння з аналітичними розрахунками за залежностями, що наведені в [2] (для циклічності 160 об/хв), на отриману експериментальну криву накладено криву, що ілюструє результати аналітичних досліджень (рис. 4).

Виявлені розбіжності між значеннями прискорення пояснюються наявністю коливань у механізмі привода натискної плити, неточностями вимірювань та похибками при виготовленні експериментального стенда. Відмінність прискорення в момент висікання (за аналітичними розрахунками дорівнює нулю) в експериментальних даних можна пояснити необхідністю обмежувати крайнє положення натискної плити для уникнення явища заклинювання в «мертвій зоні» комбінованого механізму привода. Похибка між отриманими експериментальними даними та аналітичними розрахунками прискорення натискної плити перебуває в допустимих межах, що засвідчує достовірність проведених аналітичних розрахунків.

За результатами обробки даних, отриманих експериментально, визначено дійсні кінематичні та динамічні характеристики комбінованого механізму привода рухомої натискної плити.

**Висновки.** Проведено експериментальні дослідження кінематичних параметрів запропонованого комбінованого механізму із застосуванням спеціально створеного експериментального дослідного стенда, що складається з двигуна постійного струму потужністю 1,4 кВт та номінальною частотою обертання  $n = 1500$  об/хв, двох клинопасових передач, кривошипа, двох шатунів, повзуна ведучого кривошипно-повзунного контуру, повзуна веденого контуру. Запропоновано методику вимірювання прискорення натискної плити на базі використання сучасного апаратного та програмного забезпечення, що спрощує обробку даних та уможливило отримання значень із мінімальною похибкою порівняно з аналітичними розрахунками. Дослідження кінематичних характеристик механізму підтверджено аналітичними розрахунками. Доведено, що висікання картону розробленим новим механізмом здійснюється за умови відсутності прискорення натискної плити.

### Література

1. *Регей І.І.* Споживче картонне пакування (матеріали, проектування, обладнання для виготовлення) : навч. посіб. Львів : Укр. акад. друкарства, 2011. 144 с.
2. *Кузнецов В.О., Регей І.І., Влах В.В.* Модернізація механізму привода натискної плити у штанцювальному пресі // Поліграфія і видавнича справа. 2017. № 1. С. 56–62.

3. *Кандяк Н.М.* Експериментальні дослідження кінематики та динаміки із застосуванням акселерометра // Комп'ютерні технології друкарства. Львів : УАД, 2013. Вип. 30. С. 112–117.
4. *Грановский В.А., Сирая Т.Н.* Методы обработки экспериментальных данных при измерениях. Л. : Энергоатомиздат, 1990. 288 с.
5. *Берндт Г., Каинка Б.* Измерение, управление и регулирование с помощью макросов VBA в Word и Excel. К. : МК-Пресс ; СПб : Корона-Век, 2008. 256 с.
6. *Дащенко А.Ф., Белоконев И.М., Коломиец Л.В., Свиначев Ю.Н.* Инженерная механика. Автоматизированные расчеты механизмов и машин в системе Microsoft Excel : учебник. [2-е изд.]. Одесса : Стандартъ, 2006. 320 с.

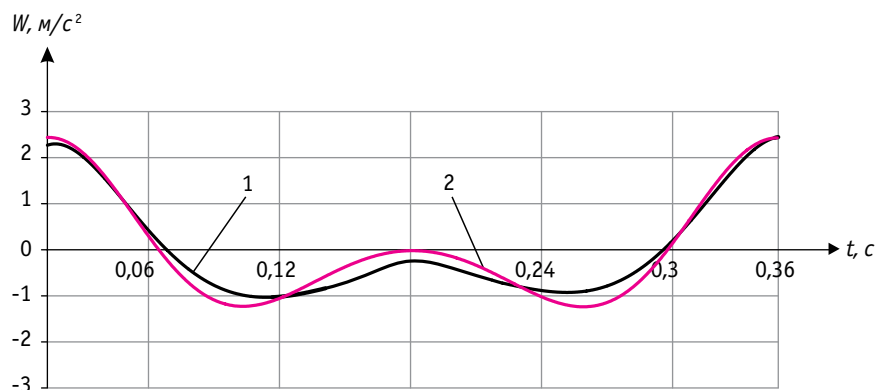


Рис. 4. Графіки прискорення натискної плити, отримані експериментально (1) та аналітично (2)

### Ускорення нажимної плити в плоскому штанцювальному пресі (експериментальна оцінка)

*І.І. Регей, д.т.н., С.В. Терницький, к.т.н., Н.М. Кандяк, к.т.н.*

Разработан и изготовлен экспериментальный исследовательский стенд для исследования комбинированного механизма привода нажимной плиты штанцевального преса плоского типа. Экспериментально установлено значение ускорения нажимной плиты штанцевального преса в процессе высекания картонных заготовок. Подтверждена эффективность модернизации механизма привода нажимной плиты плоских штанцевальных пресов применением предложенного механизма.

*Ключевые слова:* упаковка; штанцевальный пресс; высечка; кривошипно-ползунный механизм; картон; ускорение; акселерометр.

### Press plate acceleration in flat die-cutting press (experimental evaluation)

*I.I. Regey, Dr., S.V. Ternytskyi, PhD, N.M. Kandyak, PhD*

There has been developed and manufactured the experimental device for the research of the combined mechanism of the press plate in flat die-cutting presses. In the article has been experimentally determined the value of acceleration of the press plate in the die-cutting press during the process of cardboard blanks cutting. There has been confirmed the efficiency of the drive mechanism modernization of the press plate in flat die-cutting presses by the application of the proposed mechanism.

*Key words:* packing; die-cutting press; cutting; crank and slider mechanism; cardboard; acceleration; accelerometer.