

## УДОСКОНАЛЕННЯ МЕХАНІЗМУ ПРИВОДУ НАТИСКНОЇ ПЛИТИ ПЛОСКОГО ШТАНЦЮВАЛЬНОГО ПРЕСА

<https://doi.org/10.23939/istcipa2023.59.121>

© Четербух О. Ю., Шахбазов Я. О., 2025

**Постановка проблеми та мета роботи.** Вдосконалення механізму приводу натискної плити плоского штанцювального преса, який передбачає строго вертикальне переміщення натискної плити протягом робочого та зворотного ходів. **Методика роботи.** Матеріалом дослідження обрано плоский штанцювальний прес, а саме механізм приводу натискної плити. З метою удосконалення механізму приводу натискної плити було здійснено дослідження конструкцій наявних плоских штанцювальних пресів, за результатом якого розроблено нову оригінальну конструкцію механізму приводу, який захищений патентом України на корисну модель. **Результати.** В роботі здійснено аналіз наявних механізмів приводу натискної плити плоских штанцювальних пресів та представлено їхні недоліки. Описано умови використання плоских штанцювальних пресів для забезпечення якісного виготовлення розгортки картонних пакувань. Перераховано негативні наслідки, які спричинені коливним рухом натискної плити. Наведено схему розробленого механізму приводу натискної плити плоского штанцювального преса та описано принцип його роботи. **Наукова новизна та практичні значення.** Розроблено нову оригінальну конструкцію механізму приводу натискної плити плоского штанцювального преса, який забезпечує строго вертикальне переміщення натискної плити протягом робочого та зворотного ходів. Представлено перелік комплексного дослідження, який потрібно в подальшому виконати для розробленого механізму приводу натискної плити. **Напрями подальших досліджень за тематикою статті.** Вдосконалений механізм приводу натискної плити плоского штанцювального преса, порівняно з аналогами, характеризується низкою переваг, який після виконання портибних досліджень на експериментальному стенді може успішно використовуватися в промисловості.

**Ключові слова:** механізм приводу, плоский штанцювальний прес, картонна заготовка, пакування, схема, навантаження, дослідження, ресурс роботи, міцність, стійкість до спрацювання.

### *Вступ. Постановка проблеми*

Найбільшого використання для споживчої та промислової продукції набуло картонне пакування, яке характеризується низкою позитивних переваг, основними з яких є найменше навантаження на навколишнє середовище та природний спосіб відтворення.

Процес виготовлення картонного пакування передбачає виконання комплексу технологічних операцій, однак найважливішою операцією є формування контуру розгортки картонного пакування, яке безпосередньо утворює тару для продукції.

Устаткування, яке використовується для формування контуру розгортки картонного пакування, поділяється за формою контактних поверхонь на плоске, плоскоциліндрове і ротаційне; за способом розділення матеріалу картонної заготовки на штанцювальне, вирубне та вирізувальне. Як демонструє світова практика використання такого устаткування, найбільшого застосування набули плоскі штанцювальні преси, які характеризуються порівняно високою продуктивністю праці (до 8000 примірників/год) та найвищою якістю виготовлення продукції. Водночас такі преси дають змогу виготовляти розгортки картонного пакування практично будь-якої конфігурації та складності, виготовлення штанцювальних форм є найменш затратне, порівняно з іншими, а також під час налаштування штанцювальної секції спостерігається найменший відсоток браку [2].

Для якісного виготовлення розгортки картонного пакування, використовуючи плоскі штанцювальні преси, потрібно виконувати такі умови: під час виконання технологічної операції штанцювання забезпечити паралельність штанцювальної форми та натискної плити; виконати точне налагодження штанцювальної форми; використовувати різальні інструменти, які зафіксовані на штанцювальній формі (висікальні, бігувальні та перфораційні лінійки) в межах їхньої тиражостійкості; у разі недовисікання окремими різальними інструментами налаштування здійснювати зростанням їхньої висоти, а не збільшенням технологічного навантаження.

Оскільки натискна плита в плоских штанцювальних пресах приводиться в рух від механізму приводу, то під час розроблення його конструкції треба унеможливити коливний рух натискної плити. Виникнення коливного руху натискної плити під час виконання технологічної операції штанцювання картонних заготовок супроводжується такими негативними наслідками: погіршення якості виготовлення продукції (нерівномірне врізання); передчасне затуплення різальних інструментів; зростання технологічних зусиль; додаткове регулювання штанцювальної секції (контактної пари) для якісного виготовлення продукції.

До механізму приводу натискної плити є особливі вимоги, оскільки він – найважливіший елемент конструкції плоского штанцювального преса та повинен забезпечувати її строго вертикальне переміщення впродовж робочого та зворотного ходів. Для виконання вище озвучених вимог у приводі використовують механізми різноманітної складності, від простих важільних, зубчастих або кулачкових, до складних комбінованих – в яких поєднуються декілька різних, наприклад, комбінований двокривошипно-повзунний механізм з двокривошипним шарнірним чотириланковиком.

Унеможливлення виникнення коливного руху натискної плити під час виконання технологічної операції штанцювання картонних заготовок є важливим питанням, якому варто надати особливу увагу в процесі розроблення та проектування нового чи вдосконалення відомого устаткування, таких як плоскі штанцювальні преси, в яких спостерігаються значні технологічні навантаження, що досягають свого піку за короткий проміжок часу.

### ***Мета та завдання роботи***

Мета статті – розроблення конструкції механізму приводу натискної плити плоского штанцювального преса, який використовується для формування контуру розгортки картонних пакувань. Широке застосування плоских штанцювальних пресів, порівняно із ротаційним та плоскоциліндровим устаткуванням, для виготовлення картонного пакування зумовлює різноманітні дослідження щодо вдосконалення конструкції механізмів приводу натискної плити. Одним із основних напрямів дослідження є забезпечення точного вертикального переміщення натискної плити протягом робочого та зворотного ходів. Дослідження спрямовані на забезпечення якісного виготовлення продукції, покращення умов металоємності механізму приводу натискної плити, а також зниження навантажень під час технологічної операції. Отже, дослідження щодо розроблення та вдосконалення механізмів приводу натискної плити плоского штанцювального преса характеризується великим потенціалом для подальшого розвитку, а оптимізація їхньої конструкції та режимів роботи відіграє ключову роль в сучасному машинобудуванні.

Дослідження закономірностей та отримання відповідних залежностей для оцінювання впливу різноманітних чинників, які виникають під час здійснення технологічної операції штанцювання контуру картонної розгортки та роботи механізму приводу натискної плити штанцювального преса, є ще одним важливим напрямом досліджень. Відомо, що основними параметрами роботи плоских штанцювальних пресів є кінетостатичні параметри, які своєю чергою залежать від його конструкційних особливостей та від геометричних розмірів. Повну та всебічну інформацію щодо кінетостатичних параметрів можна отримати тільки після здійснення відповідних аналітичних досліджень. Враховуючи все вищесказане, метою роботи є розроблення механізму приводу натискної плити плоского штанцювального преса, який характеризується простотою конструкцією та забезпечує строго вертикальне переміщення натискної плити.

### Огляд інформаційних джерел

Продуктивність роботи плоских штанцювальних пресів, порівняно з плоскоциліндровим устаткуванням, доволі висока та досягає 8000 примірників/год [6–11].

Основними перевагами плоских штанцювальних пресів є:

1) плоский спосіб штанцювання забезпечує найвищу якість виготовлення продукції, що зумовлено тим, що в пресовій парі дві складові (штанцювальна форма та натискна плита) є плоскими, внаслідок чого унеможливується спотворення картонної заготовки під час здійснення технологічної операції штанцювання;

2) виготовлення і експлуатація плоских штанцювальних форм, порівняно з іншими, є найменш затратними через свою простоту;

3) найменший відсоток браку під час виконання налагодження штанцювального устаткування, що зумовлено тим, що картонні заготовки подаються в секцію штанцювання у вигляді окремих аркушів.

Проте основним недоліком цього устаткування є значні технологічні зусилля штанцювання, які зумовлені одночасним контактом усіх різальних інструментів, що зафіксовані на штанцювальній формі, по всій своїй довжині різальної кромки із картонною заготовкою.

На сьогодні плоскі штанцювальні преси представлені різними фірмами-виробниками з різних країн, зокрема найпопулярнішими є “BOBST” (Швейцарія) [10–11, 13], “HEIDELBERG” (Німеччина) [8, 12], “ERBA” (Італія) [9], “КАМА” (Німеччина) [6], “TMZ” (Іспанія) [7].

Зона штанцювання (рис. 1) в плоских штанцювальних пресах представлена такими елементами: плоска штанцювальна форма 1, яка закріплена на нерухомій плиті (на рис. не зображено); висікальні 2 та бігувальні 3 лінійки, які змонтовані на плоскій штанцювальній формі 1, що здійснюють безпосереднє формування контуру картонної розгортки; ежекторні подушки 4, що зафіксовані на плоскій штанцювальній формі 1; бігувальні матриці 5; приправочний лист 6, що розміщений між плоскою штанцювальною формою 1 та нерухомою плитою, який використовують для здійснення налаштування та регулювання необхідного розміщення плоскої штанцювальної форми 1 відносно картонних заготовок КЗ щодо їхньої площинності (паралельності), а також для надійного та якісного виконання штанцювання; опорна поверхня 7 нижньої нерухокої плити, на якій змонтовані бігувальні матриці 5 [2].

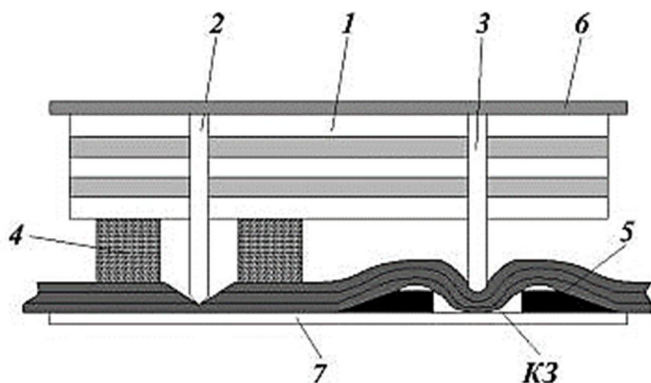


Рис. 1. Зона штанцювання в плоских штанцювальних пресах  
Fig. 1. The die-cutting area is flat die-cutting presses

Основу в плоских штанцювальних формах виготовляють із каліброваної удароміцної фанери з лущеного березового шпону товщиною від 15 до 18 мм. Для виконання пазів, в яких утримуються різальні інструменти, у плоских штанцювальних формах використовують дві технології їхнього виготовлення, а саме: 1) лазерна технологія, яка дозволяє отримувати пази практично будь-якої конфігурації, що уможливується тим, що процес повністю автоматизований та виконується за допомогою використання комп'ютерної програми; проте недоліком цього способу є те, що утво-

рюються обвуглені стінки пазів, що не сприяє надійній фіксації різальних інструментів в пазах; 2) технологія виготовлення пазів за допомогою використання кінцевих фрез на спеціальних верстаках із комп'ютерним керуванням [2].

Найпоширенішою висотою висікальних лінійок є від 22,8 до 24,1 мм. Проте найчастіше використовують різальні інструменти із висотою 23,8 мм та товщиною від 0,4 до 2,0 мм [4].

Оскільки в плоскому штанцювальному устаткуванні спостерігаються значні технологічні зусилля під час виконання операції штанцювання картонних заготовок, то потрібно використовувати різальні інструменти в межах їхньої тиражостійкості, оскільки надмірне їхнє спрацювання буде супроводжуватися погіршенням виготовлення продукції, а також зростанням технологічних навантажень, що є негативним фактором під час експлуатації устаткування. Для забезпечення необхідної тиражостійкості різальних інструментів важливим є: матеріал, із якого вони виготовлені; кут загострення різальної кромки; твердість поверхневого шару різальної кромки.

Зазвичай висікальні лінійки виготовляють із конструкційних якісних сталей, зокрема, 40, 45, 50, 55 тощо, а для підвищення їхнього ресурсу роботи різальні кромки загартовують до твердості в межах HRC = 55 – 58 [2].

Як відомо [4], європейські виробники виготовляють лінійки із кутом загострення 52°, а в США та Канаді – 60°; зменшення кута загострення різальної кромки супроводжується зниженням навантажень, які діють на висікальну лінійку, що, як наслідок, збільшує її ресурс роботи, а також знижує пилоутворення до 50 %.

В роботі [3] представлено конструкцію плоского штанцювального преса (рис. 2), який складається з опорної плити 1, на якій зафіксована плоска штанцювальна форма 2; рухомої натискної плити 3; механізму приводу натискної плити, який містить: гайки 4, 4', які жорстко зафіксовані до кутів натискної плити 3, в які вкручені вертикальні гвинти 5, 5', що встановлені в опорних вальниках; зубчасті колеса 6, 6', які закріплені на гвинтах 5, 5', що перебувають в постійному контакті з центральним зубчастим колесом 7, яке вільно змонтоване на осі та здійснює реверсивно-коливний рух за допомогою механізму чотирираковика, до якого входять шатун 8 та кривошип 9. У праці також виконано дослідження складових кінетичної потужності механізму приводу натискної плити плоского штанцювального преса, які затрачаються на переборювання технологічного опору під час виконання штанцювання картонних заготовок, ваги натискної плити впродовж виконання робочого ходу, інерційних навантажень та гальмування рухомих мас.

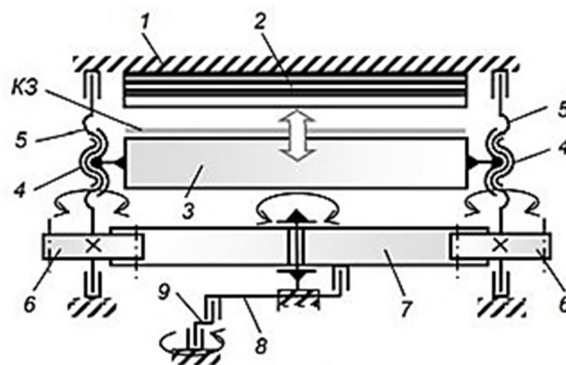


Рис. 2. Кінематична схема плоского штанцювального преса із зубчато-гвинтовим механізмом приводу натискної плити  
Fig. 2. The kinematic scheme of a flat die-cutting press with a toothed-and-helical mechanism for driving the pressure plate

Аналіз конструкційних особливостей розглянутого механізму показав, що він має такі недоліки: використання великої кількості зубчастих пар і передачі “гвинт-гайка” супроводжуються зазорами, які можуть спричинювати коливний рух натискної плити; робота зубчастих пар на вели-

ких швидкостях створює високий рівень шуму, що негативно впливає на роботу обслуговувального персоналу; наявність великої кількості деталей збільшує вартість виготовлення преса та погіршує умову металоємності.

Сьогодні актуальні дослідження та розроблення нового або вдосконалення наявного устаткування, яке використовується для виготовлення розгорток картонного пакування, зокрема такі як плоскі штанцювальні преси. Враховуючи умови щодо металоємності, простоти конструкції та зниження споживаної потужності під час експлуатації, можна стверджувати, що вдосконалення механізмів приводу натискної плити плоских штанцювальних пресів є пріоритетним.

### **Виклад основного матеріалу**

Плоскі штанцювальні преси належать до важко навантажених устаткувань, в яких навантаження досягають десятків та сотні тонн за короткий проміжок часу внаслідок своєї продуктивності роботи. Тому до надійності роботи такого устаткування ставляться підвищені вимоги, які зумовлені такими чинниками, як: безпека роботи обслуговувального персоналу; надійна та безвідмовна робота устаткування; ремонтпридатність як окремих вузлів устаткування, так і всього устаткування загалом.

Для аналізу конструкцій сучасних плоских штанцювальних пресів розглянемо на прикладі кінематичних схем преса “VISIONCUT” [13] швейцарської відомої фірми “BOBST”, в якому рухома натискна плита є нижньою, а також преса німецької фірми “HEIDELBERG” [8], в якому рухома натискна плита є верхньою, що широко використовуються для виготовлення розгорток картонних пакувань.

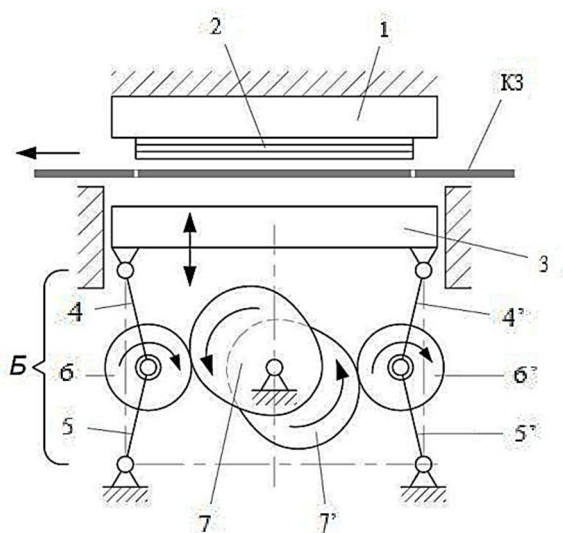


Рис. 3. Кінематична схема плоского штанцювального преса “VISIONCUT” “BOBST”  
Fig. 3. The kinematic scheme of a flat die-cutting press “VISIONCUT” “BOBST”

Плоский штанцювальний прес “VISIONCUT” [13] (рис. 3) складається із верхньої нерухомих плити 1, на якій зафіксована плоска штанцювальна форма 2; рухомих натискної плити 3; розклинювального механізму приводу Б натискної плити 3, який містить: рухома натискну плиту 3; верхні коромисла 4, 4', які однією стороною шарнірно з'єднані з рухома натискною плитою 3, а другою – шарнірно з'єднані з нижніми коромислами 5, 5'; нижні коромисла 5, 5', які однією стороною шарнірно з'єднані з верхніми коромислами 4, 4', а другою – шарнірно з'єднані із станиною (на рис. 3 не зображено); ролики 6, 6', які змонтовані в шарнірному з'єднанні верхніх 4, 4' та нижніх 5, 5' коромисел; пари кулачків 7, 7', які змонтовані на привідному валу (на рис. 3 не зображено). А ролики 6, 6' перебувають у постійному контакті із кулачками 7, 7'.

Штанцювальний прес “VISIONCUT” фірми “BOBST” працює так. У момент подачі картонної заготовки *KЗ* у зону штанцювання натискна плита 3 розташована в крайньому нижньому положенні. Внаслідок обертання привідного валу (на рис. 3 не зображено) відбувається обертання кулачків 7, 7', які на ньому змонтовані. Оскільки з кулачками 7, 7' в постійному контакті перебувають ролики 6, 6', то це спричинює їхнє переміщення та рух як нижніх 5, 5', так і верхніх 4, 4' коромисел. Рух верхніх коромисел 4, 4' викликає переміщення натискної плити 3 вгору. В момент, коли рухома натискна плита 3 розташована в крайньому верхньому положенні, відбувається технологічна операція штанцювання картонних заготовок *KЗ*.

Конструкційні особливості розглянутого механізму, на нашу думку, мають такі недоліки:

- використання у механізмі приводу натискної плити пари кулачків (а саме дві пари кулачків, які розміщені по краях привідного валу) спричиняє складності в процесі здійснення налаштування одного відносно іншого, а саме позиціонування, після проведення технічних обслуговувань або відповідних ремонтів, оскільки в такому устаткуванні, як плоскі штанцювальні преси, надзвичайно важливим є забезпечення строго вертикального переміщення натискної плити, шляхом унеможливлення її коливного руху;
- відсутність повзунів, на яких могли б бути змонтовані ролики, а також відповідних горизонтальних напрямних для повзунів, для забезпечення строго горизонтального переміщення роликів.

Плоский штанцювальний прес фірми “HEIDELBERG” [8] (рис. 4), який містить верхню рухома натискну плиту 1, на якій закріплена плоска штанцювальна форма 2; напрямні 3; нижню опорну нерухому плиту 4; ексцентрики 5, 5'; коромисла 6, 6', які однією стороною шарнірно з'єднані із верхньою рухомою натискною плитою 1, а другою – жорстко з'єднані з ексцентриками 5, 5'; черв'ячні колеса 7, 7', які змонтовані разом із ексцентриками 5, 5' на валах (на рис. не зображено); черв'яків 8, 8', які посаджені на привідних валах (на рис. 4 не зображено), що перебувають в постійному контакті із черв'ячними колесами 7, 7'.

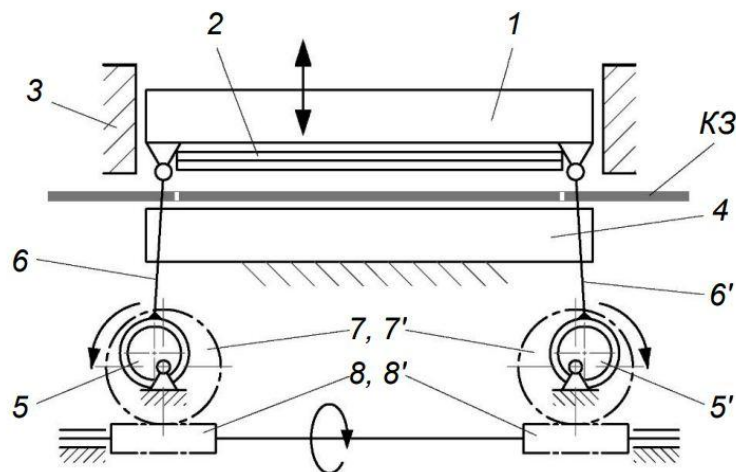


Рис. 4. Кінематична схема плоского штанцювального преса “HEIDELBERG”

Fig. 4. The kinematic scheme of a flat die-cutting press “HEIDELBERG”

Розглянутий штанцювальний прес фірми “HEIDELBERG” працює так. Картонна заготовка *KЗ* потрапляє в зону штанцювання, коли верхня натискна плита 1 розташована в крайньому верхньому положенні. Внаслідок обертання привідних валів (на рис. 4 не зображено) відбувається обертання черв'яків 8, 8'. Оскільки в постійному контакті із черв'яками 8, 8' перебувають черв'ячні колеса 7, 7', то відбувається їхнє обертання на валах (на рис. 4 не зображено), на яких також змонтовані ексцентрики 5,

5', що також обертаються. Внаслідок обертання ексцентриків 5, 5' відбувається рух коромисел 6, 6', що спричинює переміщення верхньої натискної плити 1 в крайнє нижнє положення, коли відбувається технологічна операція штанцювання картонних заготовок КЗ.

Конструкція механізму приводу натискної плити цього плоского штанцювального преса має такі основні недоліки:

- наявність черв'ячних коліс супроводжується необхідністю використання порівняно дорогих антифрикційних матеріалів;
- черв'ячні передачі характеризуються малою здатністю витримувати як постійне, так і тимчасове навантаження, які виникають під час виконання технологічної операції штанцювання.

Сьогодні фірми-виробники виготовляють штанцювальне устаткування як з нижньою, так і з верхньою рухомою натискною плитою. Конструкційні особливості механізмів приводу натискної плити штанцювальних пресів представлені різноманітними механізмами від простих кулачково-розклинювальних до складних комбінованих, які спрямовані на забезпечення одного із головних принципів надійного функціонування плоских штанцювальних пресів, а саме забезпечення строго вертикального переміщення натискної плити протягом робочого та зворотного ходів.

### ***Результати досліджень та їх обговорення***

Враховуючи сукупність вимог, які ставляться до устаткування, що використовується для формування контуру розгортки картонних пакувань, та негативних чинників, які спричинені коливиним рухом натискної плити, а також проаналізувавши конструкційні особливості наявних плоских штанцювальних пресів, розроблено та запропоновано новий оригінальний механізм приводу натискної плити плоского штанцювального преса, на який отримано патент [1].

Плоский штанцювальний прес (рис. 5) складається із плоскої штанцювальної форми 1, яка закріплена на нерухомій опорній плиті 2; рухомою натискною плити 3; механізму приводу натискної плити, який містить: верхні коромисла 4, 4', 5, 5', що однією стороною шарнірно з'єднані з натискною плитою 3, а другою – шарнірно з'єднані з однією стороною нижніх коромисел 6, 6', 7, 7', які другою стороною шарнірно з'єднані із станиною (на рис. 5 не зображено); додаткових коромисел 8, 8', 9, 9'; пружин розтягу 10, 10', 11, 11', які однією стороною змонтовані на нижніх коромислах 6, 6', 7, 7', а другою – змонтовані на додаткових коромислах 8, 8', 9, 9'; роликів 12, 12', які перебувають в постійному контакті з кулачками 13, 13'; привідних валів 14, 14', на яких змонтовані кулачки 13, 13'; осей 15, 15', на яких змонтовані ролики 12, 12', що переміщуються по вертикальних нерухомих напрямних (на рис. 5 не зображено). Додаткові коромисла 8, 8', 9, 9' однією стороною шарнірно з'єднані з нижніми коромислами 6, 6', 7, 7', а другою – шарнірно з'єднані з осями 15, 15'.

Розроблений механізм приводу натискної плити плоского штанцювального преса працює так. У момент подачі картонної заготовки КЗ в зону штанцювання натискна плита 3 розташована в крайньому нижньому положенні, ролики 12, 12' контактують з найменшими радіусами-векторами кулачків 13, 13' та перебувають разом із осями 15, 15' також у крайньому нижньому положенні. Під час обертання привідних валів 14, 14' відбувається обертання кулачків 13, 13', які на них змонтовані; а оскільки з кулачками 13, 13' у постійному контакті перебувають ролики 12, 12', то відбувається їхнє переміщення вгору разом із осями 15, 15' по вертикальних нерухомих напрямних (на рис. 5 не зображено). Переміщення осей 15, 15' спричинює рух додаткових коромисел 8, 8', 9, 9', які своєю чергою викликають переміщення верхніх 4, 4', 5, 5' і нижніх 6, 6', 7, 7' коромисел та підйом натискної плити 3 в крайнє верхнє положення. Технологічна операція штанцювання картонних заготовок КЗ відбувається в момент, коли натискна плита 3 розташована в крайньому верхньому положенні, верхні 4, 4', 5, 5' і нижні 6, 6', 7, 7' коромисла розміщені вертикально, додаткові коромисла 8, 8', 9, 9' розташовані горизонтально, а ролики 12, 12' із осями 15, 15' в крайньому верхньому положенні, при чому ролики 12, 12' контактують із найбільшими радіусами-векторами кулачків 13, 13'.

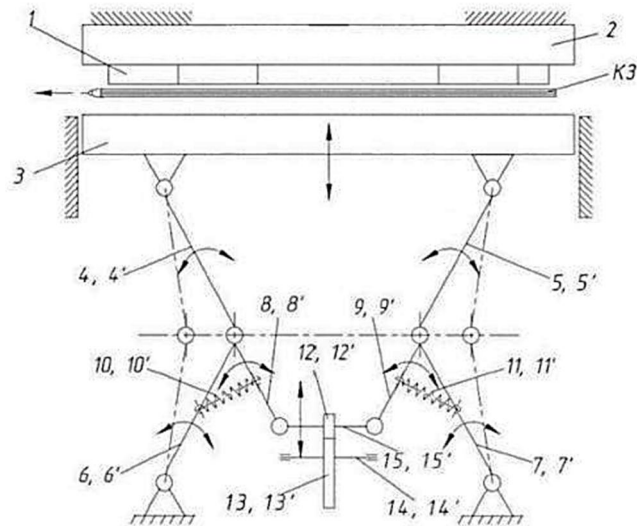


Рис. 5. Схема плоского штанцювального преса  
Fig. 5. The scheme of a flat die-cutting press

Головними перевагами запропонованого механізму приводу натискної плити плоского штанцювального преса є те, що він:

- забезпечує строго вертикальне переміщення натискної плити протягом робочого та зворотного ходів, унеможливаючи її колильний рух;
- не містить складних деталей, які потребують великих затрат на їх виготовлення;
- немає багато деталей, які б погіршували умову металоємності та ускладнювали конструкцію плоского штанцювального преса.

Основними елементами конструкції удосконаленого механізму приводу натискної плити є кулачки, які задають траєкторію переміщення, та роликів, які є веденими ланками. Тому в процесі дослідження та проєктування треба звернути особливу увагу на закон періодичного руху вихідної ланки (роликів) для отримання оптимальних показників кінетостатичних параметрів плоского штанцювального преса.

Водночас, враховуючи, що в плоских штанцювальних пресах спостерігаються значні технологічні навантаження, треба вибрати оптимальні матеріали, з яких вони будуть виготовлені, та раціональні технологічні процеси виготовлення. Для збільшення ресурсу роботи кулачків та роликів, зокрема, рекомендовано таке:

- під час їхнього виготовлення використовувати високоякісні сталі, зокрема, для роликів – сталь 40, 45 та ін.; для кулачків – 38ХС, 65Г та ін. (для кулачків необхідно вибирати міцніші та стійкіші матеріали, оскільки вони є складнішої форми порівняно із роликами (які зазвичай виконують у вигляді дисків) і їх важче та відповідно дорожче виготовити;
- для зниження залишкових напружень в поверхневих шарах, а також підвищення міцності та стійкості до спрацювання використати метод механічної обробки, який описаний в роботі [5];
- виконати хіміко-термічну обробку.

Для дослідження розробленого механізму приводу натискної плити плоского штанцювального преса в подальшому потрібно виконати комплекс аналітичних розрахунків, зокрема:

1. Встановлення раціональних геометричних розмірів верхніх та нижніх коромисел, додаткових коромисел, роликів, кулачків, привідних валів та осей, а також інших елементів конструкції, які не представлені на кінематичній схемі.

Визначення оптимальних геометричних розмірів деталей механізму приводу натискної плити плоского штанцювального преса є початковим етапом аналітичного дослідження, який спрямований для задоволення потреб щодо умови металоємності із врахуванням відповідних компактних габаритних

розмірів плоского штанцювального преса, який може бути використаний як окрема одиниця виготовлення продукції, так і як частина виробничої лінії. Водночас не варто забувати, що конструкційні особливості штанцювального устаткування також можуть бути регламентовані деякими рекомендаціями та технологічними особливостями його роботи. Зокрема, як зазначається в спеціалізованій літературі, хід натискної плити плоских штанцювальних пресів у середньому становить 80 мм, що передбачається стандартизованими розмірами кареток, які забезпечують переміщення картонних заготовок у зоні штанцювання. Також, наприклад, зміна геометричних розмірів та конфігурація форми кулачків для механізму приводу натискної плити будуть безпосередньо впливати на характер переміщення роликів, які своєю чергою будуть змінювати кінетостатичні параметри всього плоского штанцювального преса.

2. Встановлення оптимальних кінематичних параметрів передбачає визначення позиційних величин кінематичних параметрів, а саме: переміщення, швидкості та пришвидшення рухомих елементів конструкції, таких як: натискна плита; верхні коромисла; нижні коромисла; додаткові коромисла; роликів, які змонтовані на осях; кулачків, що змонтовані на приводних валах.

Кінематичні параметри механізму приводу натискної плити будуть відрізнятися залежно від обраного закону періодичного руху вихідної ланки, якими для цього механізму є ролики, що приводяться в рух під дією кулачків, з якими є в постійному контакті. Для встановлення раціональних кінематичних параметрів механізму приводу натискної плити треба виконати аналітичні дослідження із використанням декількох законів періодичного руху вихідної ланки, а також здійснити порівняльну характеристику отриманих результатів.

3. Встановлення оптимальних енергосилових параметрів роботи плоского штанцювального преса передбачає визначення таких основних параметрів: зусиль; споживаної потужності механізмом приводу натискної плити; величини крутних моментів, які виникають на привідному валу механізму приводу.

В процесі здійснення аналітичного дослідження енергосилових параметрів роботи плоского штанцювального преса передбачається встановити раціональні параметри шляхом виконання порівняльної характеристики отриманих результатів із урахуванням різних законів періодичного руху. Прагнення до зниження споживаної потужності під час роботи преса може розглядатись як одне із важливих під час конструювання, за умови задоволення інших параметрів. Встановлення раціональних енергосилових параметрів роботи механізму приводу натискної плити є фундаментальним та потребує ґрунтовного аналізу.

4. Встановлення величини напрацювання робочих контактних поверхонь виконавчих елементів конструкції під час здійснення аналітичних досліджень передбачає виконання розрахунків на міцність та стійкість до спрацювання.

Водночас після виконання комплексу аналітичних досліджень будуть рекомендовані відповідні матеріали, з яких потрібно виготовити деталі, та раціональні технологічні процеси їхнього виготовлення.

Також для повноти дослідження передбачається виготовлення фізичного експериментального стенда плоского штанцювального преса, який містить запропонований механізм приводу натискної плити, на якому здійснити низку необхідних досліджень, зокрема:

- встановлення зусиль, які виникають під час здійснення технологічної операції штанцювання картонних заготовок;
- визначення величини крутних моментів, які виникають на привідному валу механізму приводу натискної плити;
- визначення впливу геометричних, кінематичних та технологічних параметрів на навантаження, які виникають під час експлуатації плоского штанцювального преса в процесі здійснення технологічної операції штанцювання розгортки картонних паковань;
- встановлення величини напружень та деформацій, які виникають на контактних робочих поверхнях виконавчих елементів конструкцій з метою покращення параметрів міцності;
- встановлення величини спрацювання контактних робочих поверхонь виконавчих елементів конструкції з метою збільшення їхньої стійкості до спрацювання.

### **Висновки**

На основі представленого огляду літературних джерел наведено кінематичні схеми та описано принципи роботи плоских штанцювальних пресів із нижньою та рухомою натискною плитою. Перераховано недоліки розглянутих конструкцій механізмів приводу натискної плити наявних пресів. Наведено схему та опис принципу роботи плоского штанцювального преса із запропонованим механізмом приводу натискної плити. Наведено рекомендації щодо виготовлення роликів та кулачків як для запропонованого механізму приводу натискної плити плоского штанцювального преса, так і для інших механізмів та устаткування загалом.

Представлено перелік необхідних аналітичних досліджень розробленого механізму приводу натискної плити, а саме:

- встановлення раціональних геометричних розмірів;
- встановлення оптимальних кінематичних параметрів;
- встановлення оптимальних енергосилових параметрів;
- встановлення величини напруження (деформації та спрацювання) робочих контактних поверхонь виконавчих елементів конструкції.

Враховуючи сукупність всіх вище озвучених вимог, які ставляться до устаткування, яке використовується для формування контуру розгортки картонних пакувань, та враховуючи умови їхньої роботи і продуктивність, а також рекомендації, які ставляться як до поліграфічного, так і до пакувального устаткування, можна стверджувати, що дослідження та розроблення нової або вдосконалення відомої конструкції механізму приводу натискної плити плоского штанцювального преса сьогодні актуальне і буде затребуване в майбутньому, оскільки раціональне використання матеріалів та енергоресурсів, а також підвищення продуктивності роботи устаткування є перспективним та значущим.

### **Інформаційні джерела**

1. Прес штанцювального автомата: пат. 149765 України: B26F 1/40 (2006.01), B31B 50/59 (2017.01). Шахбазов Я. О., Четербух О. Ю.; заявник та власник пат. Укр. академ. друкарства. № у 2021 04083; заявл. 13.07.2021; опубл. 01.12.2021. Бюл. № 48. 4 с.
2. Регей І. І. Споживче картонне пакування (матеріали, проектування, обладнання для виготовлення) : навч. посіб. Львів : УАД, 2011. 144 с.
3. Регей І. І., Книш О. Б., Терницький С. В., Бегень П. І., Радіховський І. А. Привод натискної плити штанцювального преса з використанням передачі “гвинт-гайка” (аналіз складових кінетичної потужності). *Поліграфія і видавнича справа*. 2021. № 1 (86). С. 51–61. DOI: 10.32403/0554-4866-2021-1-81-51-61
4. Терницький С. В. Підвищення ефективності технологічного процесу в плоских штанцювальних пресах: дис. ... канд. техн. наук : 05.05.01 / Укр. академ. друкарства. Львів, 2013. 151 с.
5. Шахбазов Я. О., Широков В. В., Четербух О. Ю., Грінер І. М., Василів Х. Б., Мельников О. В. Оцінювання залишкових напружень під час механічного оброблення деталей машин. *Фізико-хімічна механіка матеріалів*. 2022. Том. 58. № 5. С. 122–127.
6. Cutting, Creasing and Embossing in the printing process | KAMA. URL: <https://www.kama.info/en/products/die-cutting-and-embossing-machines/> (Дата звернення: 19.04.2025).
7. Die cutting machines for solid cardboard – TMZ. URL: <http://tmz.es/en/die-cutting-machines-for-solid-cardboard/> (Дата звернення: 19.04.2025).
8. Die-cutting & embossing | HEIDELBERG USA. URL: [https://www.heidelberg.com/us/en/finishing/die\\_cutting/die\\_cutting\\_\\_\\_overview.jsp](https://www.heidelberg.com/us/en/finishing/die_cutting/die_cutting___overview.jsp) (Дата звернення: 19.04.2025).
9. Erba Titan Line. URL: <http://www.erbasrl.net/Web/en/prodotti/serie-titan/> (дата звернення: 19.04.2025).
10. EXPERTCUT 106 LER | PER – Autoplanet die-cutter. URL: <https://www.bobst.com/ua/en/products/flatbed-die-cutting/die-cutters/overview/machine/expertcut-106-ler-per-1/> (Дата звернення: 19.04.2025).
11. EXPERTCUT 145 PER – Autoplanet die-cutter. URL: <https://www.bobst.com/ua/en/products/flatbed-die-cutting/die-cutters/overview/machine/expertcut-145-per/> (Дата звернення: 19.04.2025).
12. HEIDELBERG. URL: [https://www.heidelberg.com/global/en/finishing/die\\_cutting/die\\_cutting\\_\\_\\_overview.jsp](https://www.heidelberg.com/global/en/finishing/die_cutting/die_cutting___overview.jsp) (Дата звернення: 03.04.2025).
13. VISIONCUT 106 LE | PE | LER – Autoplaten® die-cutter. URL: <https://www.bobst.com/ua/en/products/flatbed-die-cutting/die-cutters/specifications/machine/visioncut-106-le-pe-ler/> (Дата звернення: 03.04.2025).

## THE IMPROVEMENT OF THE DRIVE MECHANISM OF THE PRESSURE PLATE OF A FLAT DIE-CUTTING PRESS

**Problem statement and research purpose.** The improvement of the pressure plate drive mechanism of a flat die-cutting press, which ensures strictly vertical movement of the pressure plate during the working and return strokes. **Methodology.** The material chosen for the research was of a flat die-cutting press, namely its pressure plate drive mechanism. In order to improve the pressure plate drive mechanism, a research of the designs of existing flat die-cutting presses was carried out, as a result of which a new original design of the drive mechanism was developed, which is protected by a Ukrainian patent for a utility model. **Results.** The paper analyzed the existing mechanisms for driving the pressure plate of flat die-cutting presses and presents their disadvantages. The conditions for using flat die-cutting presses to ensure high-quality production of cardboard packaging blank are described. The negative consequences caused by the oscillatory movement of the pressure plate are listed. A scheme of the developed drive mechanism for the pressure plate of a flat die-cutting press is presented and the principle of its operation is described. **Scientific novelty and practical significance.** A new original design of the pressure plate drive mechanism of a flat die-cutting press has been developed, which ensure strictly vertical movement of the pressure plate during the working and return strokes. A list of comprehensive research that must be performed in the future for the developed pressure plate drive mechanism is presented. **Scopes of further investigations on the subject of the paper.** The improved drive mechanism of the pressure plate of a flat die-cutting press, compared to analogues, is characterized by a number of advantages, which, after performing a number of necessary a research on an experimental stand, can be successfully used in industry.

**Keywords:** the drive mechanism, a flat die-cutting press, a cardboard blank, a packaging, a scheme, a load, research, a service life, strength, resistance to wearing.

### References

1. Pres shtantsiuvalnoho avtomata: pat. 149765 Ukrainy: B26F 1/40 (2006.01), B31B 50/59 (2017.01). Shakhbazov, Ya. O., Cheterbukh, O. Yu.; zaiavnyk ta vlasnyk pat. Ukr. akadem. drukarstva. No. u 2021 04083; zaiavl. 13.07.2021; opubl. 01.12.2021. Biul. No. 48. 4 s.
2. Rehei, I. I. Spozhyvche kartonne pakovannia (materialy, proektuvannia, obladnannia dlia vyhotovlennia) : navch. posib. Lviv: UAD, 2011. 144 s.
3. Rehei, I. I., Knysh, O. B., Ternytskyi, S. V., Behen, P. I., Radikhovskiy, I. A. Pryvod natysknoi plyty shtantsiuvalnoho presa z vykorystanniam peredachi "hvynt-haika" (analiz skladovykh kinetychnoi potuzhnosti). Polihrafiia i vydavnycha sprava. 2021. No. 1 (86). S. 51–61. DOI: 10.32403/0554-4866-2021-1-81-51-61
4. Ternytskyi, S. V. Pidvyshchennia efektyvnist tekhnolohichnoho protsesu v ploskykh shtantsiuvalnykh presakh: dys. ... kand. tekhn. nauk : 05.05.01 / Ukr. akadem. drukarstva. Lviv, 2013. 151 s.
5. Shakhbazov, Ya. O., Shyrovkov, V. V., Cheterbukh, O. Yu., Hriner, I. M., Vasylyv, Kh. B., Melnykov, O. V. Otsiniuvannia zalyshkovykh napruzhen pid chas mekhanichnoho obroblennia detalei mashyn. Fizyko-khimichna mekhanika materialiv. 2022. T. 58. No. 5. S. 122–127.
6. Cutting, Creasing and Embossing in the printing process | KAMA. URL: <https://www.kama.info/en/products/die-cutting-and-embossing-machines/> (Data zvernennia: 19.04.2025).
7. Die cutting machines for soil cardboard – TMZ. URL: <http://tmz.es/en/die-cutting-machines-for-solid-cardboard/> (Data zvernennia: 19.04.2025).
8. Die-cutting & embossing | HEIDELBERG USA. URL: [https://www.heidelberg.com/us/en/finishing/die\\_cutting/die\\_cutting\\_\\_overview.jsp](https://www.heidelberg.com/us/en/finishing/die_cutting/die_cutting__overview.jsp) (Data zvernennia: 19.04.2025).
9. Erba Titan Line. URL: <http://www.erasrl.net/Web/en/prodotti/serie-titan/> (Data zvernennia: 19.04.2025).
10. EXPERTCUT 106 LER | PER – Autoplanet die-cutter. URL: <https://www.bobst.com/uaen/products/flatbed-die-cutting/die-cutters/overview/machine/expertcut-106-ler-per-1/> (Data zvernennia: 19.04.2025).
11. EXPERTCUT 145 PER – Autoplanet die-cutter. URL: <https://www.bobst.com/uaen/products/flatbed-die-cutting/die-cutters/overview/machine/expertcut-145-per/> (Data zvernennia: 19.04.2025).
12. HEIDELBERG. URL: [https://www.heidelberg.com/global/en/finishing/die\\_cutting/die\\_cutting\\_\\_overview.jsp](https://www.heidelberg.com/global/en/finishing/die_cutting/die_cutting__overview.jsp) (Data zvernennia: 03.04.2025).
13. VISIONCUT 106 LE | PE | LER – Autoplaten® die-cutter. URL: <https://www.bobst.com/uaen/products/flatbed-die-cutting/die-cutters/specifications/machine/visioncut-106-le-pe-ler/> (Data zvernennia: 03.04.2025).