

also presented a number of developments.

So scientists VNPO "Remdetal" developed "The long-term production development scheme for the restoration of worn parts in the system" Goskomselhoztehniki "until 1990, and the range of parts to be restored at the enterprises of various branches of units consisting of more than 2,000 titles, 24 thread-safe mechanized lines have been introduced (PML) of details of 350 new technological processes, 120 units of prototypes of equipment and complete sets of equipment, package of normative and technical documentation, including the RTM 44, 7 skeletons and guests were also issued recommendations for the introduction of details of powder. Upgrade existing and created new technological equipment for the areas of flame, plasma, detonation spraying, designed special posts, equipped with manufacturing equipment to the repair practice took root laser coating.

**Keywords:** system of vehicles, repair base, development, development.

Дата надходження до редакції: 18.01.2016

Рецензент: д.т.н., проф. Гецович Є.М.

УДК 621.73

## УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ КЛИНОВОГО ПРИВОДА КРИВОШИПНОГО ГАРЯЧЕШТАМПУВАЛЬНОГО ПРЕСА

**В. С. Запорожченко**, к.т.н., доцент кафедри КН, Сумський державний університет

**А. М. Тур**, магістрант кафедри ТМІВ, Сумський державний університет

**П. Д. Олійник**, магістрант кафедри ЕС, Сумський державний університет

**А. В. Запорожченко**, аспірант, Університет Майнца імені Йоганна Гутенберга, Німеччина

*Статтю присвячено вдосконаленню конструкції клинового привода кривошипного гарячештампувального преса, у склад якого введено двобічний клин, і створенню твердотільної тривимірної моделі такого привода.*

**Ключові слова:** обробка металів тиском, штампувальне устаткування, САПР, тривимірна модель, кривошипний гарячештампувальний прес, клиновий привод, двобічний клин, електродвигун, муфта, гальмо, шатун, повзун.

**Постановка проблеми в загальному вигляді.**

Сучасний світ вимагає сучасних рішень. Тому обчислювальна техніка та інформаційні технології використовуються надзвичайно широко і з кожним днем отримують ще більше розповсюдження [1]. Але прогрес не стоїть на місці. Повсякденно людство ставить перед собою нові задачі, а іноді проблеми додає і швидкий сучасний ритм життя. Для їх вирішення залучаються інноваційні ресурси, наприклад, у вигляді систем автоматизованого проектування (САПР), які дозволяють змоделювати та обчислити на комп'ютері і, за необхідності, – змінити та вдосконалити модель, швидше й простіше, ніж це дозволяє матеріальне моделювання. Далі спроектована модель проходить багатоденний аналіз та покращення, а іноді – багатокілометрові шляхи в різні кінці Землі – для обговорення зі спеціалістами з різних країн і сфер діяльності. Все це дозволяє не тільки пришвидшити й автоматизувати процес створення нових технічних рішень, але і зробити його більш простим, зручним та продуктивним.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

Обробка металів тиском (ОМТ) відноситься до найпрогресивніших способів обробки матеріалів у сучасному машинобудуванні. Технологічні процеси ОМТ, такі як кування, пресування, видавлювання, об'ємне і листове штампування характеризуються простотою, мінімальними витратами

металу, високою економічністю та продуктивністю, широкими можливостями для автоматизації й механізації, високою якістю і точністю отриманих виробів [2]. Але устаткування для обробки тиском відноситься до великих і складних технологічних машин із тривалим технологічним циклом проектування, виготовлення та випробування. Такий комплекс наукових, конструкторських і технологічних задач вимагає значних витрат розумової та фізичної праці. Перспективним напрямком для полегшення і прискорення процесу створення нового устаткування є застосування сучасних методів комп'ютерного моделювання із широким використанням інформаційних технологій та САПР.

Найбільш поширеним устаткуванням для ОМТ вважаються кривошипні преси, кількість яких приблизно складає 70% від загального числа штампувальних машин [3]. Найпотужнішими і складними серед кривошипних пресів у ковальсько-штампувальному виробництві є кривошипні гарячештампувальні преси (КГШП), номінальне зусилля яких досягає 160 МН (16 000 Тс). Вони призначені для виконання операцій відкритого й закритого штампування із сортового металу в багаторівчачкових штампах, гарячого пресування поковок різноманітної конфігурації, об'ємного видавлювання в закритих та напів-закритих матрицях в умовах масового та великосерійного виробництва. До основних переваг КГШП відносяться швидкохідність для збільшення продукти-

вності і зменшення часу контакту верхньої половини штампа з нагрітою заготовкою, висока жорсткість конструкції з метою зменшити пружну деформацію деталей преса при штампуванні, посилені напрямні повзуна для підвищення точності отриманих поковок і відносно невеликі габаритні розміри штампного простору в порівнянні з універсальними листоштампувальними пресами. За типом головного виконавчого механізму (ГВМ) гарячештампувальні преси поділяють на преси з кривошипно-повзунним механізмом (з укороченим чи здвоєним шатуном), кривошипно-клиновим, кривошипно-кулісним та синусним механізмами [4].

У типовому КГШП, який являє собою однокривошипний закритий прес, укорочений нерегульований шатун невеликої ширини з'єднує ексцентриковий вал, розміщений паралельно чи перпендикулярно фронту технологічної машини, з повзуном, зазвичай, за допомогою циліндричного пальця. Суттєвим недоліком гарячештампувального преса є часто нецентральне навантаження ГВМ при штампуванні в бокових рівчаках, центр тиску яких не співпадає з поздовжньою віссю шатуна преса. При цьому виникає пара сил, яка призводить до перекосу повзуна відносно станини преса, додаткового навантаження значним поперечним зусиллям напрямних елементів, швидкого зношення останніх і зменшення точності та якості отриманих поковок. Для подолання перелічених недоліків застосовується двоопорний шатун значної ширини, яка практично рівна ширині повзуна. Це збільшує допустимий ексцентриситет прикладення навантаження до повзуна, але значно послаблює верхню частину останнього у місці з'єднання з шатуном. Тому німецька фірма «Eumiso» почала випускати КГШП оригінальної конструкції з клиновим приводом переміщення повзуна преса. Клино має скіс вгору до траверси станини, з'єднаний укороченим шатуном з ексцентриковим валом і переміщується у поперечному напрямку, перпендикулярному напрямку ходу повзуна [4]. Так як контакт між нижньою площиною клина та верхньою частиною повзуна відбувається практично по усій площі останнього, така конструкція допускає максимальний ексцентриситет прикладення зусилля штампування. Крім того спрощується форма і технологія виготовлення повзуна, який не має хоботоподібного прилива (відростка) з додатковими напрямними.

Недоліками клинового КГШП є бокове розміщення привода клина на значній висоті та збільшені поперечні розміри привода, що порушує архітектоніку конструкції. Крім того, високо розміщений центр маси вертикального преса робить

його конструкцію нестійкою з можливістю пружних коливань, вібрації і навіть розхитування устаткування під час виконання технологічної операції гарячого об'ємного штампування при великій кількості ходів повзуна (звичайно, 60–90 ходів за хвилину). Таким чином, висока швидкохідність сучасних КГШП з клиновим приводом, незбалансованість та великі габарити ГВМ, малий час деформування та багато іншого призвели до різкого зростання динамічних навантажень на станину та фундамент преса [5].

У Кіровоградському національному технічному університеті на підставі пошуково-конструкторських робіт на кафедрі «Машини і технологія обробки металів тиском» була запропонована нова конструкція КГШП з клиновим приводом у вигляді однобічного клина, похила поверхня якого обернена вгору до траверси станини (рис 1 а) або униз до повзуна преса (рис 1 б). Всередині цього однобічного клина розміщено циліндричний ексцентричний (круговий) шатун, з'єднаний з ексцентриковим валом, розміщеним своїми опорними шийками в опорах станини, при цьому вісь симетрії зовнішньої поверхні цього кругового шатуна була суміщена з центром маси клина, а вертикальна площина, що проходить через центри опорних шийок ексцентрикового вала, суміщена з поздовжньою віссю повзуна [6]. Це дозволило створити добре урівноважену конструкцію привода, яка працює без значних динамічних навантажень та струсів преса.

Але недоліком відомої конструкції КГШП є недостатня величина ходу повзуна, так як кут однобічного нахилу клина не може перевищувати, зазвичай,  $35^{\circ}$ – $40^{\circ}$  через можливість виникнення надмірних бокових навантажень на напрямні повзуна. Крім того, розміри заявленого преса і клинового привода вибрано емпіричним шляхом без теоретичного аналізу умов навантаження останнього та моделювання конструкції гарячештампувального преса. Це зменшує надійність роботи відомого КГШП, скорочує термін експлуатації і обмежує впровадження на виробництві.

#### **Формулювання цілей статті (постановка завдання).**

Метою даної роботи є удосконалення конструкції клинового привода КГШП, моделювання його улаштування та принципу роботи, знаходження центра маси двобічного клина для динамічного врівноважування рухомих елементів преса, теоретичний аналіз кінематичних та силових параметрів при швидкій заміні розмірів та конфігурації клина без суттєвої зміни розмірів усього привода, під який у верхній частині преса виділено певне місце.

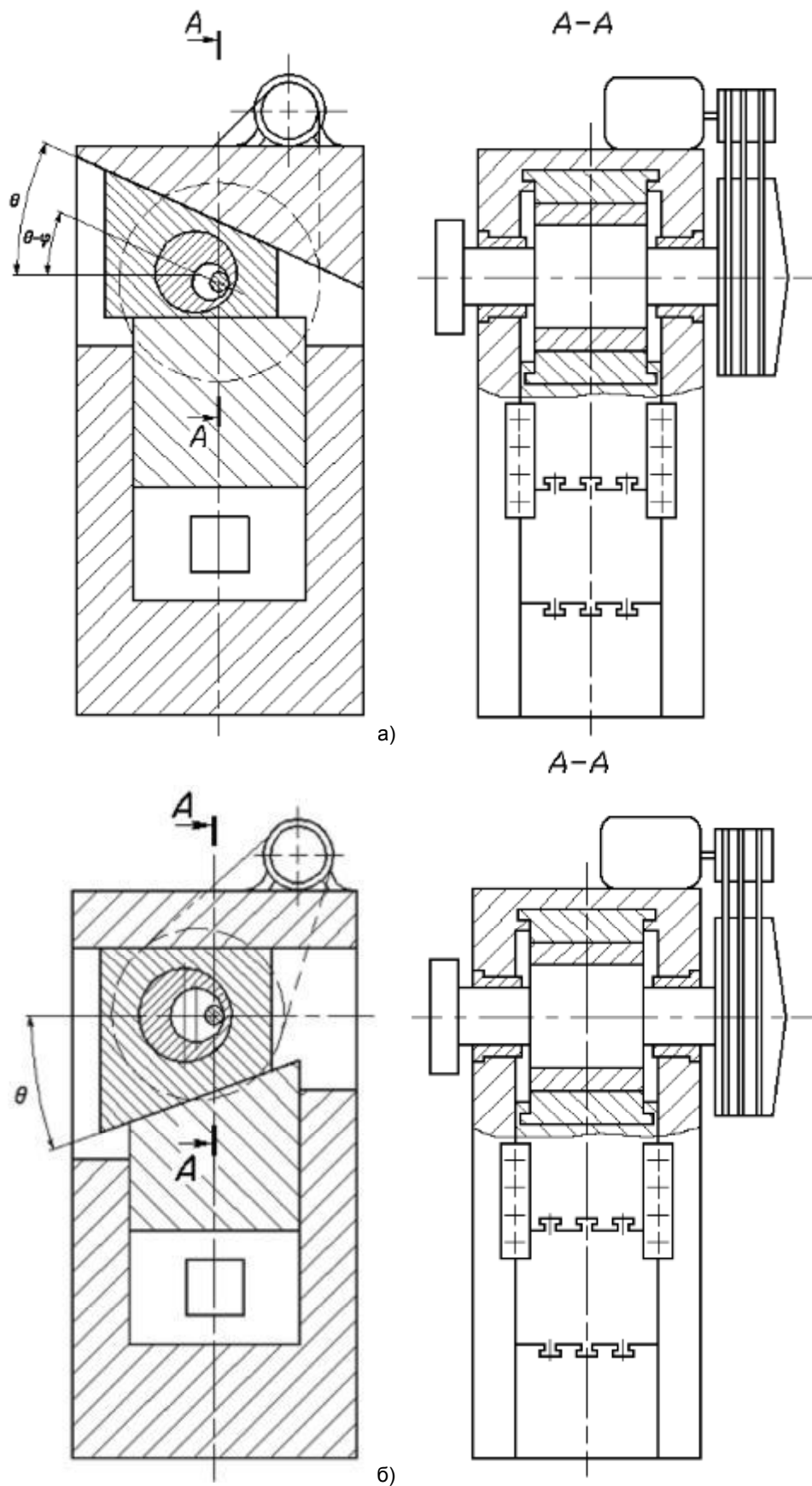


Рис. 1. Відомі конструкції КГШП з клином та круговим шатуном [6]

Виклад основного матеріалу досліджень.

Удосконалена конструкція клинового привода КГШП.

На підставі пошуково-конструкторської роботи, проведеного літературного огляду і аналізу недоліків відомих типів КГШП, в СумДУ запропоновано нову конструкцію гарячештампувального преса з оригінальною системою спряжених поверхонь траверси, двобічного клина й повзуна. За допомогою програмної системи автоматизованого проектування SolidWorks 2012 створено 3D-модель такого преса з приводом у вигляді двобічного клина (рис. 2 а). Модель можна розглядати з різних боків, зробити розріз у необхідному місці (рис. 2 б), виконати переріз будь-якої деталі або вузла.

При використанні стандартних функцій системи SolidWorks виконано розрахунок на міцність основних вузлів і розроблено тривимірні моделі кожної окремої деталі. Після цього усі деталі складені у просторову модель, на підставі якої отримано складальне креслення привода преса та робочі креслення його деталей шляхом комп'ютерної графіки за допомогою програми AutoCAD 2012. Виконано наочне складання та розбирання 3D-моделі преса на її складові деталі. Таке моделювання дозволило встановити послідовність з'єднання основних, допоміжних й кріпильних деталей та вузлів КГШП, вибрати оптимальні параметри процесу його складання та розбирання і найкраще співвідношення розмірів спряжених елементів, порядок їх сполучення та взаємодії.

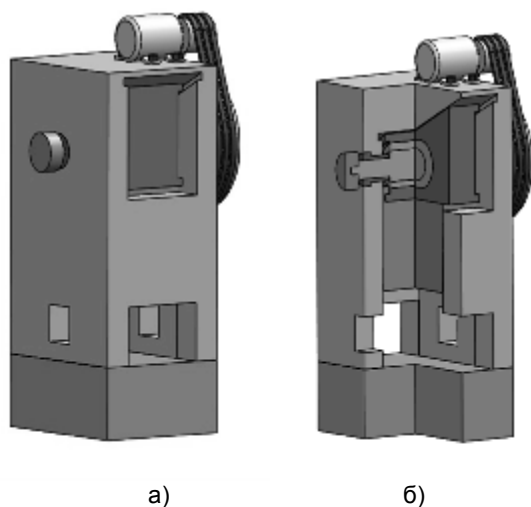


Рис. 2. Твердотільна 3D-модель КГШП з двобічним клином у зборі (а) та з вирізом четвертої частини преса (б)

Запропонована конструкція КГШП з приводом від двобічного клина (рис. 3), має станину, складену з траверси 1, стола 2 та стояків 3, на яких змонтовані напрямні елементи 4 повзуна 5. На нижній поверхні траверси 1 виконана похила площина 6, з якою спряжений своєю верхньою клиновою поверхнею двобічний клин 7 трапецеїдальної форми. Протилежна нижня похила площина клина 7 знаходиться у контакті з верхньою

похилою поверхнею повзуна 5. Для забезпечення постійного контакту між цими спряженими поверхнями клин має заплечики 8, які вставлені у відповідні пази, виконані у траверсі 1 та повзуні 5. Оптимальна величина кута нахилу  $\varphi$  верхнього скосу двобічного клина 7 до горизонтальної площини стола 2 преса вибирається у межах  $15^\circ - 40^\circ$ , а оптимальна величина кута  $\delta$  нижнього скосу складає  $5^\circ - 30^\circ$ . При величині кутів  $\varphi < 15^\circ$  та  $\delta < 5^\circ$  занадто зростає зусилля тертя між клином 7 і похилими площинами траверси 1 та повзуна 5, а також зменшується величина ходу останнього при незмінному значенні переміщення клина 7. Коли значення кутів  $\varphi > 40^\circ$  та  $\delta > 30^\circ$ , різко зростає горизонтальна складова зусилля, прикладена до напрямних елементів преса, що призводить до швидкого зношення і навіть руйнування їх задовго до закінчення терміну експлуатації устаткування.

Усередині клина 7 встановлений циліндричний ексцентричний (круговий) шатун-шайба 9, геометричний центр Б зовнішньої поверхні якого (рис. 4) суміщений з центром маси клина 7, а ексцентрично виконана внутрішня циліндрична поверхня меншого діаметра охоплює шатунну шийку (ексцентрик) 10 вала 11, який з'єднаний опорними шийками 12 з підшипниками 13 ковзання, закріпленими у стояках 3. Вісь кривошипно-кругового механізму, розміщеного у клині 7, має нахил до горизонтальної площини стола преса під кутом  $\varphi$ , який дорівнює куту нахилу площини 6 траверси 1. На цій осі розміщені центри зовнішньої Б і внутрішньої В поверхонь кругового шатун-шайби 9 та центр Г опорних шийок 12 ексцентрикового вала 11, коли клин 7 знаходиться у вихідному (крайньому задньому чи передньому) положенні. Крім того, для рівномірного навантаження ексцентрикового вала 11 при нецентральному прикладенні технологічного навантаження вісь Г його обертання розташована строго напроти поздовжньої осі Д повзуна 5 (див. рис. 4).

З метою зменшення питомих напружень у місцях контакту спряжених деталей ширина ексцентрика 10 і кругового шатун-шайби 9 приймається рівною ширині клина 7 (див. рис. 3), яка, у свою чергу, трохи менша за ширину повзуна 5 у напрямку, перпендикулярному до напрямку переміщення клина 7, на величину заплечиків 8, виконаних на останньому. Привод вертикального преса вміщує електричний двигун 14, встановлений на траверсі 1, клинопасову передачу 15 та маховик 16 з вмонтованою в нього муфтою вмикання. Маховик 16 розміщено на правому кінці ексцентрикового вала 11, а на лівому кінці змонтовано гальмо 17. На розроблену конструкцію КГШП з двобічним клиномоформлено у співпраці зі студентами і відправлено до Державного підприємства "Український інститут промислової власності" заявку на нове технічне рішення.

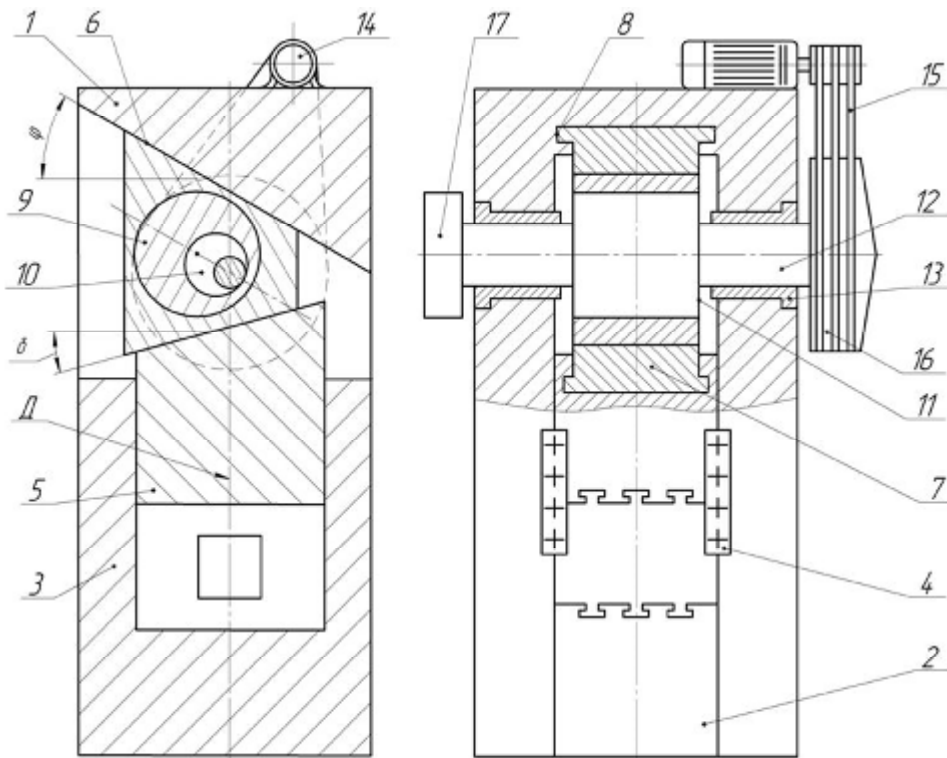


Рис. 3. Конструкція гарячештампувального преса з двобічним клином

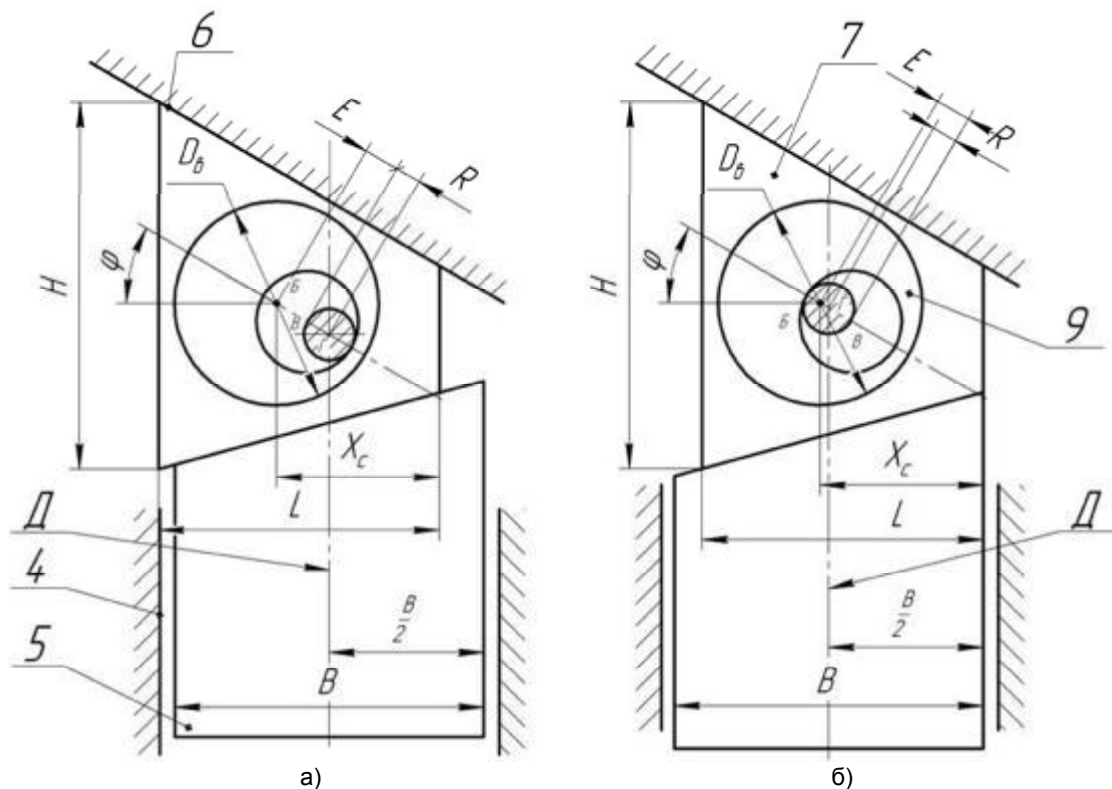


Рис.4. Схема взаємного розміщення двобічного клина та повзун, коли останній знаходиться у крайньому верхньому положенні (а) і крайньому нижньому положенні після завершення штампування (б)

Заявлений прес працює наступним чином. При обертанні електричного двигуна 14 крутний момент через клинопасову передачу 15 та маховик 16 при включеній муфті вмикання передається на ексцентриковий вал 11 з ексцентриком 10. Ексцентрик 10, який спряжений із внутрішнім ци-

ліндричним отвором у круговому шатуні-шайбі 9, приводить останній у зворотно-поворотний рух. У вихідному положенні клин 7 (рис. 4 а) знаходиться у крайньому задньому положенні, а повзун 5 – у крайньому верхньому положенні. При зворотно-поворотному русі кругового шатуна-шайби 9 клин

7, який має один ступінь вільності, переміщується зворотно-поступально паралельно похилій поверхні 6, виконаній на траверсі 1. При цьому повзун 5, встановлений у напрямних елементах 4, також має один ступінь вільності і здійснює зворотно-поступальний рух у вертикальному напрямку. Коли клин 7 знаходиться у крайньому передньому положенні, а повзун 5 – у крайньому нижньому положенні (рис. 4 б), останній виконує технологічну операцію штампування заготовки. У цей час низька частина (загострений кінець) двобічного клина 7 співпадає з правою боковою поверхнею повзуна 5. Завдяки цьому технологічне зусилля прикладене до усієї нижньої похилої площини клина 7, що зменшує напруження у місці контакту клина 7 та повзуна 5, а також допускає позацентрове навантаження повзуна практично по всій його нижній робочій поверхні. Крім того, геометричний центр Б кругового шатуна-шайби 9 співпадає з центром маси клина 7, що приводить до рівномірного зворотно-поступального переміщення останнього без виникнення динамічних зусиль від маси клина, який не має невідновжених частин, і без появи шкідливих резонансних коливань у ходових частинах преса. Далі двобічний клин 7 під дією ексцентрика 10 та кругового шатуна-шайби 9 повертається у крайнє заднє положення, а повзун 5, з'єднаний з клином заплечиками 8, підіймається у крайнє верхнє положення. Після цього при роботі преса у режимі автоматичних безперервних ходів технологічний цикл штампування повторюється. У разі роботи преса у режимі поодиноких ходів кожен цикл відбувається після виключення гальма і включення муфти вмикання.

#### Аналіз кінематичних та силових параметрів нової конструкції клинового привода

У запропонованій конструкції клинового привода КГШП геометричний центр Б зовнішньої

поверхні кругового шатуна-шайби суміщений з центром маси двобічного клина довжиною L. Бокова (торцева) поверхня клина, яка має вигляд трапеції, умовно розбивається на три прості фігури: прямокутник I та два трикутника – верхній II і нижній III (рис. 5), положення центрів мас яких відоме із курсу механіки [7]. Координата  $X_c$  центра маси клина у напрямку, паралельному площині стола 2, рівна

$$X_c = \frac{F_1 \cdot X_1 + F_2 \cdot X_2 + F_3 \cdot X_3}{F_1 + F_2 + F_3}; \quad (1)$$

$$X_c = \frac{L \cdot h \cdot \frac{L}{2} + \frac{L \cdot (H - h - h_3)}{2} \cdot \frac{2 \cdot L}{3} + L \cdot \frac{h_3}{2} \cdot \frac{2 \cdot L}{3}}{L \cdot h + L \cdot \frac{(H - h - h_3)}{2} + L \cdot \frac{h_3}{2}},$$

$$= \frac{L \cdot (2 \cdot H + h)}{3 \cdot (H + h)} \quad (2)$$

де H – висота задньої крайньої (високої) частини двобічного клина, мм;

h – висота передньої крайньої (вузької) частини двобічного клина, мм;

$h_3$  – висота трикутника III нижнього скоса двобічного клина, мм.

Координата  $Y_c$  центра маси двобічного клина у напрямку, перпендикулярному площині стола 2, знаходиться за виразом [7]

$$Y_c = \frac{F_1 \cdot Y_1 + F_2 \cdot Y_2 + F_3 \cdot Y_3}{F_1 + F_2 + F_3}; \quad (3)$$

$$Y_c = \frac{L \cdot h \cdot \frac{h}{2} + L \cdot \frac{H - h - h_3}{2} \cdot (h + \frac{H - h - h_3}{3}) + L \cdot \frac{h_3}{2} \cdot (-\frac{h_3}{3})}{L \cdot h + L \cdot \frac{(H - h - h_3)}{2} + L \cdot \frac{h_3}{2}} =$$

$$= \frac{H^2 + h^2 + H \cdot h - 2 \cdot H \cdot h_3 - h \cdot h_3}{3 \cdot (H + h)} = \frac{H \cdot (H + h - 2 \cdot h_3) + h \cdot (h - h_3)}{3 \cdot (H + h)} \quad (4)$$

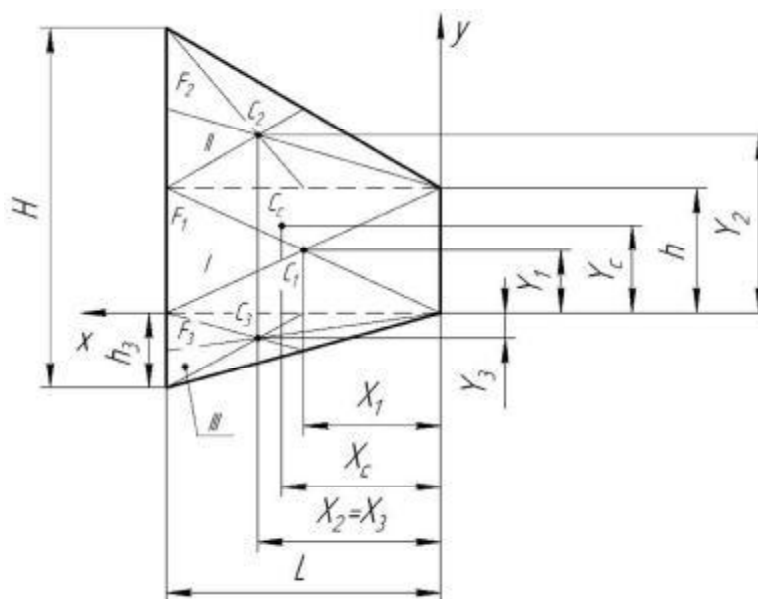


Рис. 5. Схема двобічного клина для визначення координат його центра маси

Повний хід  $H$  повзуна 5 після переміщення двобічного клина 7 із крайнього заднього у крайнє переднє положення (див. рис. 4) дорівнює

$$S_n^{\delta\epsilon} = S_n^\varphi + S_n^\delta = S_{кл} \cdot (tg\varphi + tg\delta), \quad (5)$$

де  $S_n^{\delta\epsilon}$  – величина повного ходу повзуна, мм;

$S_n^\varphi$  – величина переміщення повзуна за рахунок верхнього скосу під кутом  $\varphi$  двобічного клина, мм;

$S_n^\delta$  – величина переміщення повзуна за ра-

хунок нижнього скосу під кутом  $\delta$  двобічного клина, мм;

$S_{кл}$  – величина переміщення двобічного клина, мм;

$\varphi$  – кут нахилу верхнього скосу двобічного клина до горизонтальної площини стола преса, град;

$\delta$  – кут нахилу нижнього скосу двобічного клина до горизонтальної площини стола преса, град.

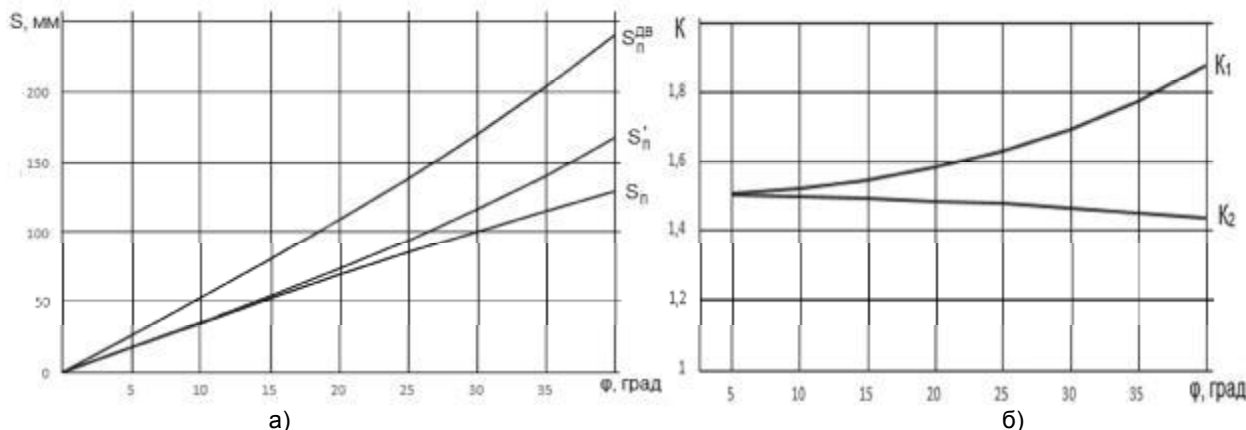


Рис. 6. Графіки залежності переміщення повзуна КГШП від кутів нахилу клинового привода

Після перетворення суми тангенсів ( $tg\varphi + tg\delta$ ) формула має вигляд

$$S_n^{\delta\epsilon} = S_{кл} \cdot \frac{\sin(\varphi + \delta)}{\cos\varphi \cdot \cos\delta}. \quad (6)$$

Графік переміщення повзуна КГШП з приводом від двобічного клина  $S_n^{\delta\epsilon}$  та від однобічних клинів зі скосом вгору  $S_n$  та вниз  $S_n^1$  показано на рисунку 6 а. Збільшення величини ходу повзуна  $K_1$  у порівнянні з відомою конструкцією за а.с. СРСР № 1636250, коли скіс однобічного клина направлений вгору, складає

$$K_1 = \frac{S_n^{\delta\epsilon}}{S_n} = \frac{1}{\cos\varphi} \cdot \left(1 + \frac{tg\delta}{tg\varphi}\right), \quad (7)$$

а збільшення величини ходу повзуна, коли скіс однобічного клина направлений униз, дорівнює

$$K_2 = \frac{S_n^{\delta\epsilon}}{S_n^1} = \frac{\sin(\varphi + \delta)}{\sin\varphi \cdot \cos\delta}. \quad (8)$$

Таким чином, застосування двобічного клина, наприклад, з кутами нахилу верхнього скосу  $\varphi = 30^\circ$  та нижнього скосу  $\delta = 15^\circ$  дозволяє збільшити величину ходу  $S_n^{\delta\epsilon}$  повзуна в 1,691 раза, тобто майже на 70%, у порівнянні з величиною ходу  $S_n$  при використанні однобічного клина зі скосом тільки вгору до траверси преса і в 1,464 раза, тобто на 46,4%, у порівнянні з величиною ходу  $S_n^1$  при використанні однобічного клина зі скосом тільки вниз до повзуна (рис. 6 б) при інших однакових умовах – рівному ексцентриситеті  $R$  вала 11 і однаковому переміщенні  $S_{кл}$  клина 7

та рівних кутах скосів.

Проведено аналіз статички клинового привода КГШП (рис. 7 а). При рівномірному переміщенні повзуна преса вниз сума зусиль, що діють на нього з боку клина та напрямних, рівна нулю

$$\overline{P}_H + \overline{R}_K + \overline{N} = 0, \quad (9)$$

де  $\overline{P}_H$  – номінальне зусилля преса, прикладене до повзуна, МН;

$\overline{R}_K$  – зусилля дії клина на повзун, МН;

$\overline{N}$  – зусилля дії повзуна на напрямні, яке відхилено на величину кута тертя  $\rho$  в бік, протилежний переміщенню повзуна, МН.

На підставі плану зусиль, що діють на повзун (рис. 7 б), відповідно до теореми синусів, можна записати

$$\frac{P_H}{\sin(90^\circ - \delta - 2\rho)} = \frac{R_K}{\sin(90^\circ + \rho)} = \frac{N}{\sin(\delta + \rho)}, \quad (10)$$

де  $\rho$  – кут тертя, рівний  $\rho = \arctg f$ ;

$f$  – коефіцієнт тертя.

Звідси зусилля, що діє на напрямні повзуна, визначається за виразом

$$N = P_H \cdot \frac{\sin(\delta + \rho)}{\cos(\delta + 2\rho)}. \quad (11)$$

Зусилля взаємодії між клином та повзуном дорівнює

$$R_K = R_{II} = P_H \cdot \frac{\cos\rho}{\cos(\delta + 2\rho)}. \quad (12)$$

Із плану зусиль, що діють на двобічний клин (рис. 7 в), виходить

$$\frac{R_{\Pi}}{\sin(90^{\circ}-\rho)} = \frac{P_{AB}}{\sin(\varphi+\delta+2\rho)} = \frac{R_c}{\sin(90^{\circ}-\varphi-\delta-\rho)}, \quad (13)$$

де  $P_{AB}$  – зусилля, яке діє на круговий шатун-шайбу, МН;

$R_c$  – зусилля дії клина на похилу поверхню траверси, МН.

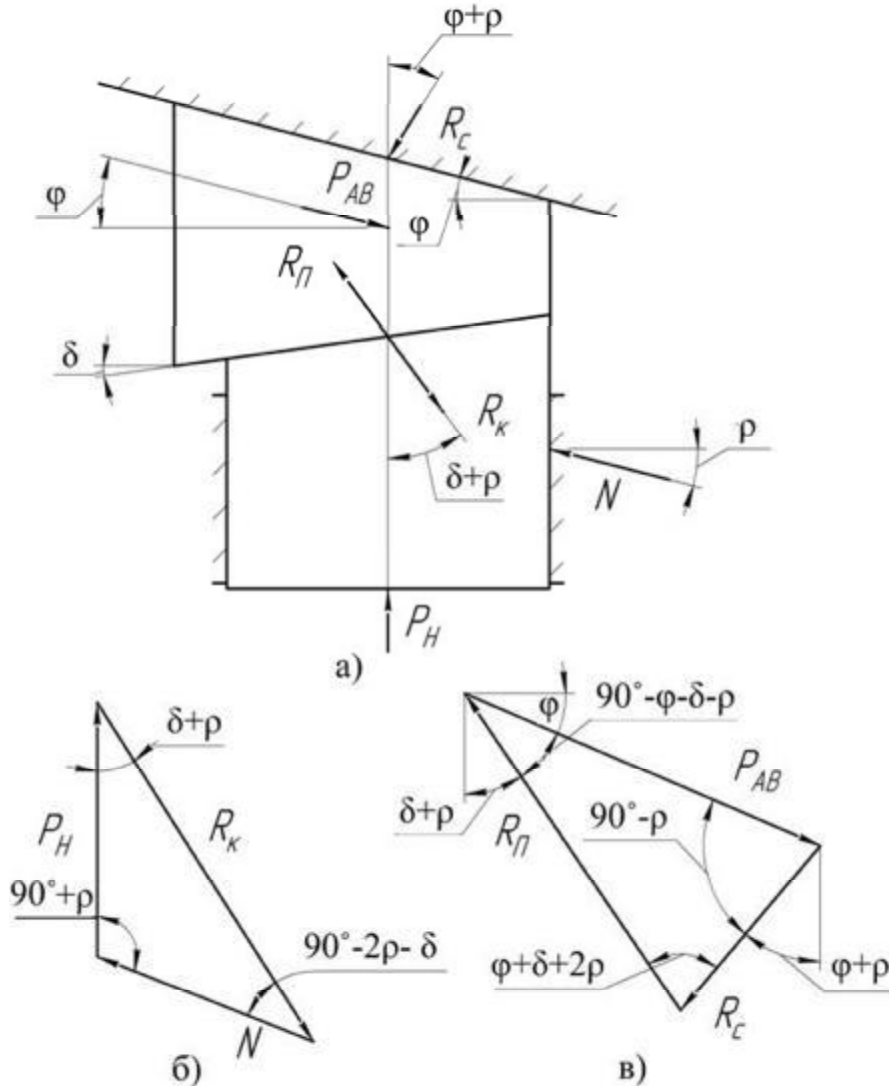


Рис.7. Розрахункова схема зусиль, якими навантажені повзун і клин при штампуванні заготовки

Тоді зусилля, яким навантажені круговий шатун-шайба та ексцентриковий вал, знаходиться за формулою

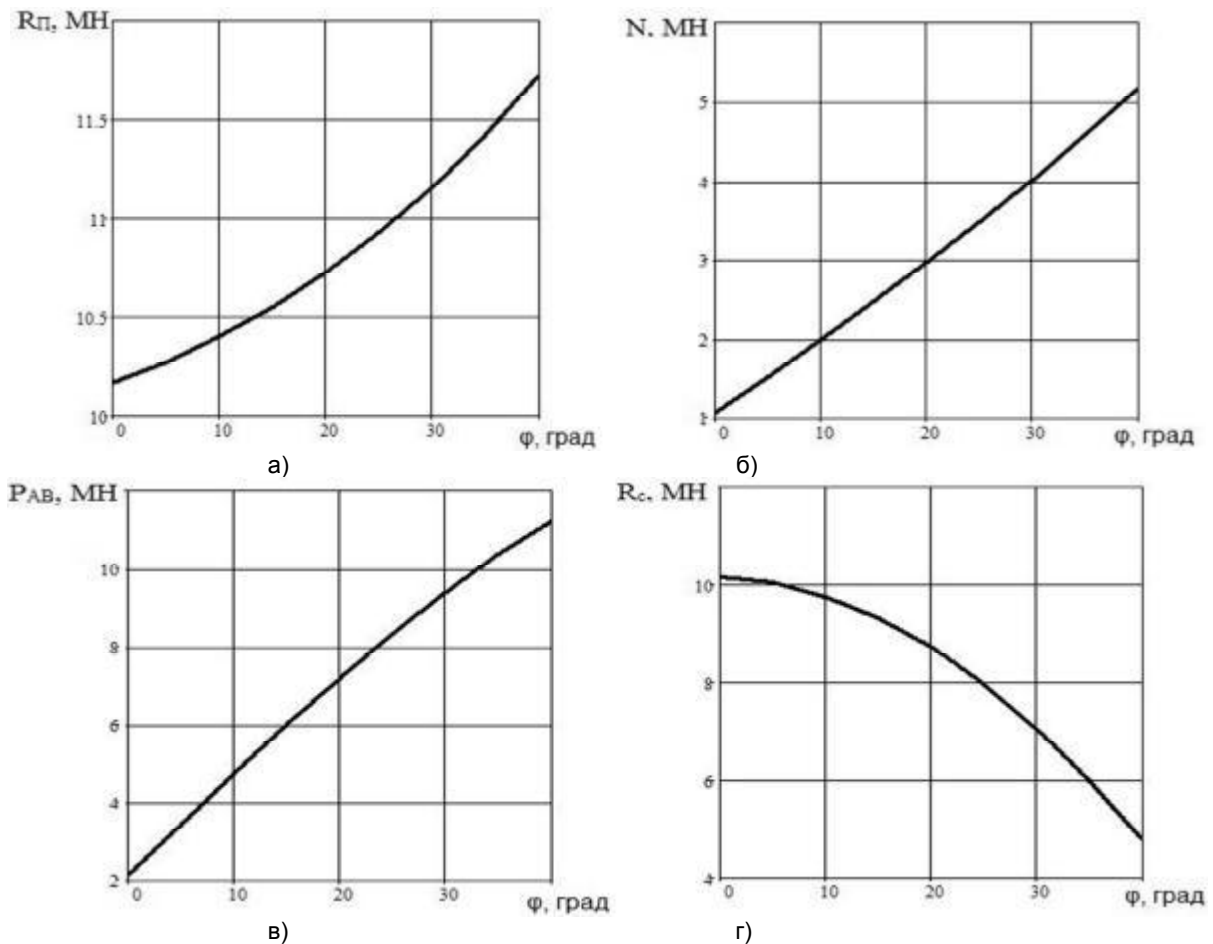
$$P_{AB} = R_{\Pi} \cdot \frac{\sin(\varphi+\delta+2\rho)}{\cos \rho} = P_H \cdot \frac{\sin(\varphi+\delta+2\rho)}{\cos(2\rho+\delta)}. \quad (14)$$

Зусилля взаємодії між клином та похилою поверхнею траверси рівне

$$R_c = R_{\Pi} \cdot \frac{\cos(\varphi+\delta+\rho)}{\cos \rho} = P_H \cdot \frac{\cos(\varphi+\delta+\rho)}{\cos(\delta+2\rho)}. \quad (15)$$

На підставі отриманих аналітичних виразів побудовано за допомогою програми Mathcad 15 графіки залежності силових параметрів клинового привода від кутів нахилу двобічного клина (рисунок 8) при умові співвідношення величин кутів його верхнього й нижнього скосів  $\varphi = 2 \cdot \delta$ . З графіків виходить, що при збільшенні величини кутів зростають зусилля  $R_{\Pi}$ ,  $N$  і  $P_{AB}$  і декілька зменшуються навантаження  $R_c$  на похилий скіс станини преса.





**Рис. 8. Графіки залежності силових параметрів клинового привода КГШП від нахилу скосів двобічного клина :**

- а – зусилля взаємодії між клином та повзуном преса  $R_k = R_n = f(\varphi)$  ;  
 б – зусилля тиску повзуна на напрямні елементи преса  $N = f(\varphi)$  ;  
 в – зусилля дії клина на круговий шатун-шайбу  $P_{AB} = f(\varphi)$  ;  
 г – зусилля взаємодії між клином та похилою поверхнею траверси  $R_c = f(\varphi)$

#### **Висновки**

Використання розробленої конструкції кривошипного горяче-штампувального преса забезпечує наступні переваги:

- збільшення величини ходу повзуна завдяки застосуванню двобічного клина з двома скосами вгору та вниз при інших рівних умовах;
- зменшення матеріалоемності двобічного клина при однаковій величині ходу у порівнянні з матеріалоемністю одnobічних клинів відомих КГШП, які мають тільки один скіс угору чи вниз;
- підвищення стабільності роботи преса і поліпшення умов роботи штампувальників за рахунок врівноваженої конструкції клина з вставленим у нього круговим шатуном-шайбою, зменшення вібрації та динамічних навантажень при штампуванні.

Техніко-економічні переваги спроектованого горячештампувального преса з клиновим приводом полягають в удосконаленні його конструкції та поліпшенні умов роботи в цеху біля такого устаткування. Запропонований КГШП з приводом від двобічного клина та збільшеною величиною ходу повзуна може знайти широке використання у ковальсько-штампувальному виробництві для штампування поковок різноманітних розмірів та форми, коли штампувальна галузь промисловості України відродиться і почне працювати на повну потужність. Така науково-пошукова робота проводиться у рамках дослідницької діяльності гуртка винахідників Сумського державного університету при активній участі у ній кращих студентів, друкується у збірнику наукових праць вищого навчального закладу і широко використовується у навчальному процесі.

#### **Список використаної літератури:**

1. Левин В. И. Информационные технологии в машиностроении / В. И. Левин. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Academia, 2013. – 272 с.
2. Воронцов А. Л. Теория и расчеты процессов обработки металлов давлением [в 2-х томах] /

А. Л. Воронцов. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. – Т. 1 - 306 с., Т. 2 - 441 с.

3. Бочаров Ю. А. Кузнечно-штамповочное оборудование: учебник для студ. вузов / Ю. А. Бочаров. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 480 с.

4. Игнатов А. А. Кривошипные горячештамповочные прессы / А. А. Игнатов, Т. А. Игнатова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1984. – 312 с.

5. Власов В. И. Кривошипные кузнечно-прессовые машины: Теория и проектирование / В. И. Власов, А. Я. Борзыкин, Н. К. Букин-Батырев и др. / Под ред. В. И. Власова. – М.: Машиностроение, 1982. – 424 с.

6. А. с. 1636250 СССР, МКИ В 30 В 1/26. Вертикальный механический пресс / В. С. Запорожченко, Л. А. Шульга, А. П. Качанов (СССР). – № 4616348/27; заявлено 06.12.88; опубл. 23.03.91, Бюл. № 11. – 5 с.

7. Мовнин М. С. Основы технической механики / М. С. Мовнин, А. Б. Израелит, А. Г. Рубашкин / Под ред. П. И. Бегуна. – 5-е изд., перераб. и доп. – Л.: Политехника, 2011. – 286 с.

#### References:

1. Levin V.I. Informatsionnyye tehnologii v mashinostroenii [Information technologies in mechanical engineering]. M.: Academia, 2013, 272 p. [in Russian].

2. Vorontsov A. L. Teoriya i raschety protsessov obrabotki metallov davleniem [Theory and calculations of metal forging processes]. M.: MG TU name N. E. Bauman, 2014, v. 1 - 306 p., v. 2 - 441 p. [in Russian].

3. Bucharov Yu. A. Kuznechno-shtampovochnoe oborudovanie [Forging and stamping equipment]. M.: Izdatelskiy tsentr «Akademiya», 2008, 480 p. [in Russian].

4. Ignatov A. A., Ignatova T. A. Krivoshipnyye goryacheshtampovochnyye pressy [Crank hot-stamping press]. M.: Mashinostroenie, 1984, 312 p. [in Russian].

5. Vlasov V. I., Borzykin A. Ya., Bukin-Batyrev N. K. and author. Krivoshipnyye kuznechno-pressovyye mashiny: Teoriya i proektirovanie [Crank forging machines: Theory and Design]. M.: Mashinostroenie, 1982, 424 p. [in Russian].

6. V.S. Zaporozhchenko, L.A. Shulga, A.P. Kachanov Vertikalnyi mekhanicheskiy press [Vertical mechanical press]. [A.s. 1636250 SSSR, MKI V30V 1/26], 1991.USSR [in Russian].

7. Mavnin M. S., Izraelit A. B., Rubashkin A. G. Osnovy tehnikeskoy mehaniki [Basics of technical mechanics]. L.: Politehnika, 2011, 286 p. [in Russian].

#### **Запорожченко В.С., Тур А.Н., Олейник П.Д., Запорожченко А.В. Усовершенствование конструкции клинового привода кривошипного горячештамповочного прессы**

*Статья посвящена усовершенствованию клинового привода кривошипного горячештамповочного прессы, в состав которого введен двухсторонний клин, и созданию твердотельной объемной модели такого привода.*

**Ключевые слова:** обработка металлов давлением, штамповочное оборудование, САПР, объемная модель, кривошипный горячештамповочный пресс, клиновой привод, двухсторонний клин, электродвигатель, муфта, тормоз, шатун, ползун.

#### **Zaporozhchenko V.S., Tur A.M., Olijnyk P.D., Zaporozhchenko A.V. Improvement of construction of wedge drive of hot-stamping crank press**

*The article is devoted to the improvement of the construction of a wedge drive of hot-stamping crank press. It's structure has a two-sided wedge. The second part of the article includes the topic of design of solid-state 3-D model of this wedge drive.*

**Key words:** metal forming process, stamping equipment, computed-aided design, 3-D model, hot-stamping crank press, wedge drive, two-sided wedge, electric motor, clutch, brake, connecting rod, slide-block.

Дата надходження до редакції: 04.02.2016

Рецензент: д.т.н., проф. Тарельник В.Б.

УДК 621.91

### **ПОСТРОЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ МНОГОПОЗИЦИОННЫХ АГРЕГАТНЫХ СТАНКОВ**

**М.М. Захаров**, к.т.н., доцент, Сумський національний аграрний університет

*В статье исследована технологическая наследственность агрегатированного металлорежущего оборудования с помощью пространственных размерных цепей.*

**Ключевые слова:** технологическая наследственность, визуализация, геометрическая точность, размерные цепи, агрегатирование, сборка, подгонка, модель, станок, моделирование.

**Постановка проблемы.** Вопросам точности сборки многопозиционного агрегатированного металлорежущего оборудования уделено недо- | статочное внимание. До настоящего времени, в основном, рассматривались вопросы точности отдельных сборочных единиц агрегатных стан-