

УДК 681.620.3

О. В. Кузнецов, П. В. Топольницький

АВТОМАТИЗОВАНИЙ СИНТЕЗ МЕХАНІЗМУ НОЖА ОДНОНОЖОВИХ ПАПЕРОРІЗАЛЬНИХ МАШИН

Механізм ножа в одноножових паперорізальних машинах є найважливішим вузлом, який визначає всі основні характеристики машини – конструкцію, габарити, споживану потужність, продуктивність. З досвіду конструювання відомо, що всі вони є залежними від виду руху ножа. З відомих видів руху ножа – вертикального, паралельно-похилого і „шабельного” (криволінійного) – найбільш доцільним визнано останній. На відміну від інших він забезпечує поступове врізання ножа у стос паперу і зростання навантажень, значне зниження сил різання за рахунок переміщення ножа вздовж стосу.

В існуючих конструкціях машин [1], [2], [3] рух ножа реалізується механізмами – на повзунах (рис. 1а) – за рахунок різних кутів нахилу траєкторій руху повзунів або шарнірним (рис. 1б) – за рахунок різної довжини важелів R_1 і R_2 .

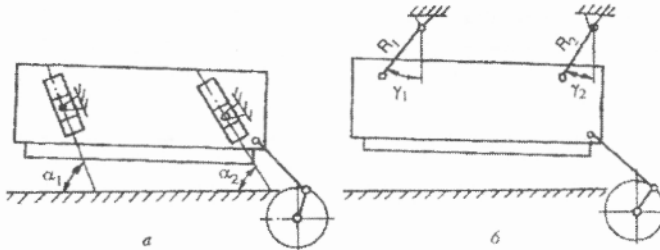


Рис. 1. Різновиди схем механізмів ножа

Детальні дослідження свідчать, що в механізмі на повзунах усі точки ножа рухаються по непаралельних, але прямолінійних траєкторіях. Рух ножа по криволінійних, „шабельних” траєкторіях забезпечується тільки шарнірними механізмами. При конструюванні шарнірних механізмів ножа розташування центрів обертання важелів і їх довжина обираються часто за відомими аналогами або інтуїтивно, необґрунтовано, що не створює оптимальні умови

роботи таких механізмів. Отже, розробка методів і спеціального програмного забезпечення (ПЗ) для автоматизованого синтезу механізмів ножа, а також параметричні дослідження умов синтезу і самих механізмів у процесі синтезу є актуальною задачею.

Сучасна комп'ютерна техніка, відповідне базове ПЗ (система *AutoCAD* з внутрішньою мовою програмування *AutoLisp*) разом зі спеціальним ПЗ здатні забезпечити автоматизоване, швидке і точне вирішення задачі синтезу виконавчого механізму привода ножа одноножової різальної машини. При цьому можливості інтерактивної графіки сучасних ПК, завдяки яким на екрані ПК у реальному масштабі і часі миттєво відображаються усі параметричні зміни та їх наслідки, дозволяють значно удосконалити метод синтезу, уточнити й прискорити вирішення задачі, сприяють швидкому отриманню оптимального варіанту. Автоматизоване вирішення поставленої задачі забезпечується спеціальним пакетом ПЗ, розробленим на кафедрі поліграфічних машин Української академії друкарства.

Метод автоматизованого синтезу шарнірного механізму ножа і робота пакета ПЗ

Оскільки механізм призначений для розрізування стосів паперу, параметри стосу (максимальна висота h_s і довжина l_s) є вихідними для визначення відносного розташування і розмірів ножа. При відомих розмірах h_s і l_s , і положенні стосу (рис. 2) початкова точка ножа у крайньому верхньому положенні A_n визначається в інтерактивному режимі з візуалізацією значень попереднього зміщення x_A і y_A від верхньої точки стосу (на рис. 2 $x_A = 0$, $y_A = 12$ мм). При повному розрізуванні стосу паперу крайня точка ножа розташовується на лінії основи стосу A_{n1} , а її віддалення $x_0 + x_A$ (x_0 – проекція траєкторії точки A_n на напрямку основи стосу) від початку стосу визначає α_h – кут нахилу хорди її криволінійної траєкторії. Положення A_{n1} встановлюється також інтерактивно за перехрестям графічного маркера з виводом поточних значень кута α_h (на рис. 2, $\alpha_h = 25,52^\circ$).

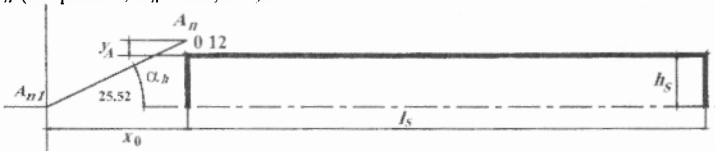


Рис. 2. Стос паперу і початкові положення лівої крайньої точки ножа

Відоме положення крайньої точки ножа A_{n1} відразу визначає довжину ножа

$$l_n = x_0 + x_A + l_{cm} + x_B,$$

де $x_B = 5 - 10$ мм, необхідних для впевненого дорізання правої частини стосу. Для вирішення задачі синтезу важільного механізму ніж (ножетримач) приймається у формі прямокутника, який і будується в нижньому крайньому положенні (рис. 3).

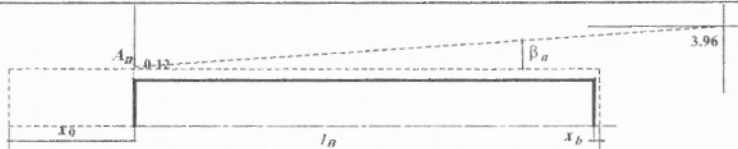


Рис. 3. Ніж (ножетримач) у нижньому положенні і кут його нахилу у верхньому положенні

Початковий кут нахилу ножа у крайньому верхньому положенні β_n встановлюється також в інтерактивному режимі з виводом його поточних значень (на рис. 3, $\beta_n = 3,96^\circ$) відповідно до положення графічного маркера. При відомих розмірах ножа і положенні його початкової точки A_n ніж будуватиметься в крайньому верхньому положенні (рис. 4).

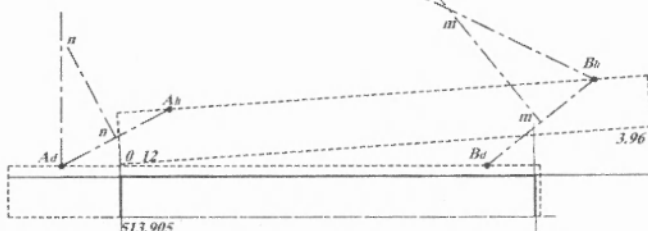


Рис. 4. Ніж у верхньому положенні, центри шарнірів на ножетримачі

На підставі досвіду конструювання шарніри закріплення важелів (центри A_d, B_d і A_h, B_h) розташовуються на корпусі ножа (ножетримача) на відстані $0,1 \cdot l_n$ від крайніх його точок. Відстань між центрами шарнірів $A_d B_d$ уже визначає довжину шатуна механізму.

У шарнірному механізмі важелів, з'єднані з ножом, рухаються по колу, радіус якого визначається довжиною відповідного важеля. У цьому випадку геометричним місцем центрів обертання лівого і правого важелів є, відповідно, перпендикуляри mn і mt , проведені до середин відрізків $A_d A_h$ і $B_d B_h$, що є хордами дуг обертання важелів. За умовою проектування крайнім положенням лівого важеля приймається його вертикальне положення. Тоді точка перетину O_1 вертикалі $A_d O_1$ і перпендикуляра mn буде центром обертання лівого важеля, а відстань $O_1 A_d$ – його довжиною. Як відомо з умов синтезу шарнірних чотириланників, допустимий кут передачі $\mu = \angle O_2 B_h A_h$ повинен бути у межах $150^\circ > \mu > 30^\circ$. Тоді умова $\mu = 30^\circ$ визначає напрямком $B_h O_2$ мінімально можливого розташування центра обертання правого важеля. Точка O_2 перетину перпендикуляра mt і визначеного напрямку є центром обертання, а відстань $O_2 B_h$ – довжиною правого важеля.

Знайдені геометричні розміри – шатуна $A_h B_h$, лівого $O_1 A_d$ і правого $O_2 B_d$ важелів, міжцентрової відстані $O_1 O_2$ є параметрами синтезованого механізму шарнірного чотириланника (рис. 5), шатун якого виконує роль ножа (ножетримача).

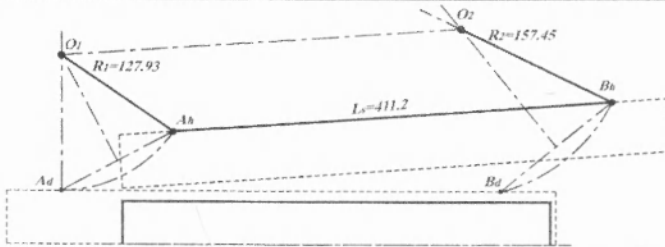


Рис. 5. Синтезований шарнірний чотириланник механізма ножа

З наведеного очевидно, що параметри механізму і габарити ножа залежать від вихідних параметрів: α_n – кута нахилу хорди траєкторії початкової точки A_n ножа і β_n – початкового кута нахилу самого ножа у верхньому положенні. При зміні цих параметрів в інтерактивному режимі система *AutoCAD*, відслідковуючи положення графічного маркера, до якого програмно прив'язаний відповідний параметр, графічно змінює як сам параметр, так і всі інші, пов'язані з ним. На рис. 6 (графічний маркер у нижньому лівому куті) змінюються положення точки A_n і кут α_n ножа в крайньому нижньому положенні. На рис. 7 (перехрестя графічного маркера з правої сторони) змінюється кут β_n . Одночасно конструктор спостерігає нові центри обертання важелів, можливість варіанту, коли точки перетину переміщуються у безмежність і довжина правого важеля може стати неконструктивною.

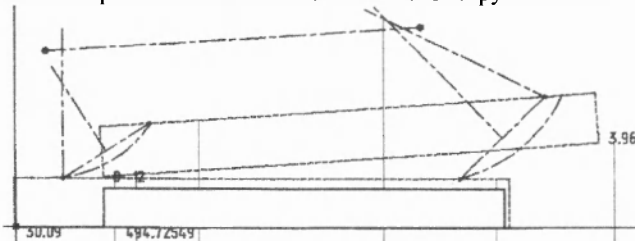


Рис. 6. Інтерактивна зміна кута нахилу траєкторії початкової точки ножа

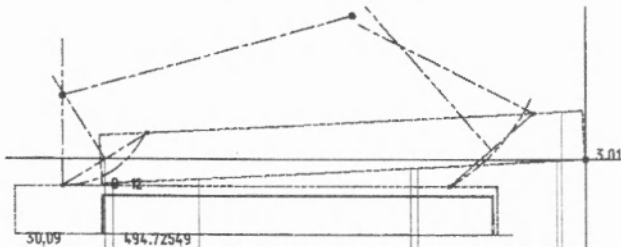


Рис. 7. Інтерактивна зміна початкового кута нахилу ножа у верхньому положенні

Такий режим дозволяє конструктору свідомо змінювати важливі параметри в необхідному напрямку, досягаючи оптимального варіанту.

При відомих геометричних параметрах з являється можливість дослідження важливих параметрів роботи механізму – дійсних кутів різання, довжин ліній різання (y міру врізання ножа у стос паперу), реакцій у шарнірах і крутних моментів на важелях. Результати, отримані при зміні кута α_b – 25,52; 30; 35 і 40° (графіки позначені крапками, відповідно – 1 крапка, 2, 3, 4), наведені на рис. 8 і 9.

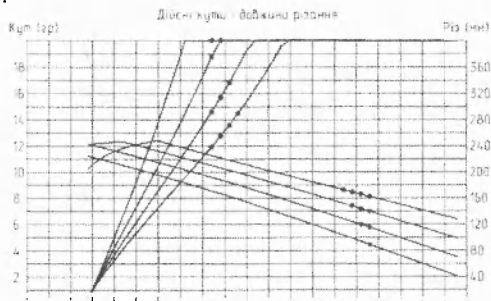


Рис. 8. Зміна дійсних кутів різання і довжини різання від кута повороту лівого важеля механізму

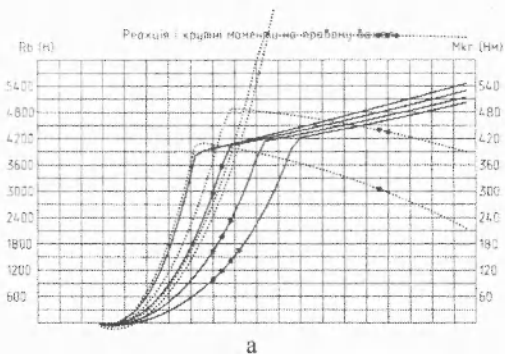
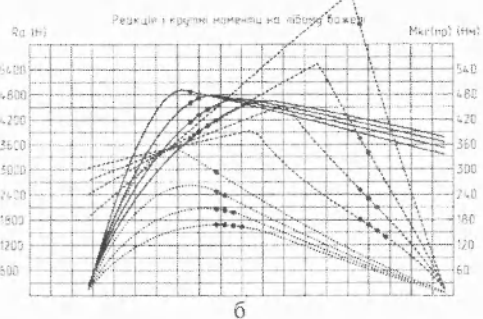


Рис. 9. Зміна реакцій у шарнірах і крутних моментів на важелях, (а – лівому, б – правому) від кута повороту лівого важеля механізму

Наведені результати розрахунків (довжина стосу 400 мм, висота 40 мм) свідчать, що при збільшенні кута нахилу траєкторії кінцевої точки ножа від 25 до 40° : дійсні кути різання збільшуються від 11 – 2° до 12,5 – 6,5° (рис. 8);

період врізання в стопу триває довше, і різання повної стопи починається при менших значеннях дійсних кутів різання – від 12 (при 25°) до 9° (при 40°) (рис. 8);

на правому важелі реакції зменшуються незначно (\approx на 10%), у той час як крутні моменти зростають від 410 до 1100 Нм за рахунок збільшення довжини правого важеля від 157,45 до 306 мм (рис. 9б);

максимальні реакції в шарнірі лівого важеля зменшуються приблизно на 8%, а крутні моменти – від 350 до 170 Нм; зменшуються також і сумарні, приведені крутні моменти від 720 до 390 Нм, незважаючи на значне зростання крутних моментів на правому важелі, довжина лівого важеля при цьому зменшується від 127,9 до 58,35 мм.

Розроблене ПЗ дає конструктору можливість в автоматизованому режимі, за короткий час (весь синтез триває 3 – 5 хв) знайти всі геометричні параметри шарнірного механізму ножа одноножової паперорізальної машини для розрізування стосів паперу заданих розмірів. Одночасно, аналізуючи вплив важливих параметрів синтезу на кінематичні і силові характеристики отриманих механізмів, конструктор швидко досягає оптимального варіанту проектування.

1. Белозерский Я.К., Смирнов Г.П., Свиридов Н.М. Брошюровочно-переплетные машины. Ч. 1. М., 1969. 2. Кошелев Е.И., Пергамент Д.А., Филиппов В.П. Брошюровочно-переплетные машины. М., 1986. 3. Хведчин Ю.Й. Брошюрувально-палітурне устаткування. Ч.1. Брошюрувальне устаткування: Підручник. Львів, 1999.