

© А. І. Іванко, к.т.н, доцент, С. Л. Панов, к.т.н, доцент, НТУУ «КПІ», Київ, Україна

## СТРУКТУРНИЙ АНАЛІЗ КРИВОШИПНО-ПОВЗУННОГО ПРИВОДА ПРИБОРУ ДЛЯ ОБРІЗУВАННЯ КНИЖКОВИХ БЛОКІВ

В статті проведено структурний аналіз кривошипно-повзунного приводу пристрою для обрізування книжкових блоків. Розглянуті питання структурного аналізу при проектуванні схем механізмів ножів пристроїв для обрізування книжково-журнальних блоків безупинним способом. Це дозволить розробити технологічні та експлуатаційні вимоги до нового обладнання та провести уточнені експериментальні дослідження сил різання.

**Ключові слова:** клас кінематичної пари, ступінь вільності механізму, «плоский» механізм, «просторовий» механізм.

### Постановка проблеми

Спосіб обрізування книжково-журнальних блоків під час їх транспортування дозволяє значно спростити конструкцію устаткування, зменшити силові показники процесу різання та енерговитрат. Однак обрізування книжково-журнальних блоків супроводжується значними динамічними навантаженнями. Вони призводять не тільки до зменшення продуктивності різального устаткування, але і до суттєвого погіршення якості зрізу.

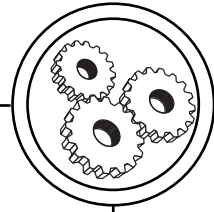
Розробка нових різальних пристроїв вимагає дослідження їх приводів. Прості і відносно оптимальні конструкції пристроїв для безупинного обрізування книжкових і журнальних блоків дозволить покращити їх надійність та експлуатацію [1–4]. Зусилля, що діють на

різальні інструменти залежать від фізико-механічних властивостей паперу, геометричних параметрів окремо взятого різального інструмента (гостроти інструмента), траєкторії руху різального інструмента, швидкості різання та ін.

На параметри процесу обрізування можуть впливати такі фактори, як частота обертання  $n$  різальних інструментів, кутів загострення лез ножів  $\alpha_3$  та встановлення  $\beta_{BC}$ , швидкості руху блока  $V_B$  та ін.

### Аналіз попередніх досліджень

Спосіб обрізування книжкових блоків згідно [5] реалізується пристроєм безупинного типу. Пристрій складається з інструментального вузла та привода для його переміщення.



Інструментальний вузол містить ножетримач з рядом дискових ножів та кривошипно-повзунний механізм.

Пристрій вміщує в собі транспортер із зафіксованим у ньому книжковим блоком, інструментальний вузол для обрізування корінця та привод для переміщення дискових ножів. Привод включає в себе кривошип, що обертається навколо своєї осі. Інструментальний вузол вміщує в собі повзун та ножетримач, на якому закріплено ряд дискових ножів.

Скомплектований книжковий блок подається в зону обрізування корінця в напрямку до інструментального вузла. Обрізування корінця відбувається поступово протягом ряду циклів руху ножів. Таке послідовно-поступове зрізування площини корінця надає ножах відповідну траєкторію руху, яка сприяє зменшенню сумарної сили різання (вертикальної, горизонтальної та лобової). Процес обрізування залежно від співвідношення кінематичних параметрів руху блока і дискових різальних інструментів може бути безперервним або дискретним. Обрізування площини блока здійснюється смугами протягом заданої кількості циклів обертання ножів.

#### Мета роботи

Метою даного дослідження є проведення попереднього структурного аналізу пристрою для обрізування книжково-журнальних блоків, що має кривошипно-повзунний привод.

#### Результати проведених досліджень

На машинний процес безупинного обрізування книжково-журнальних блоків буде впливати велика кількість технологічних факторів. В першу чергу — це глибина різання. Вона визначається відповідно до фізико-механічних властивостей паперу, з якого виготовлені блоки та їх товщини [6, 7].

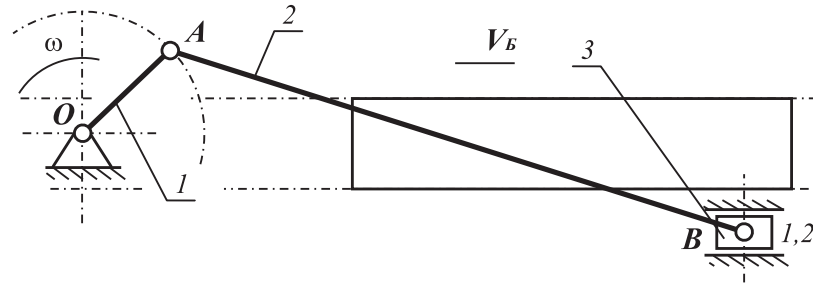
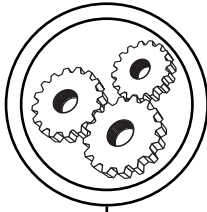
Навантаження, що виникають у приводі суттєво змінюються від підбору геометричних параметрів леза (його гостроти) та відстані від площини різання до віток пластин транспортерів. Також на зміну силових параметрів процесу обрізування впливає зусилля затискування блоків. Відомо, що технологічно необхідне зусилля затискування блоків під час обрізування може бути пропорційним його товщині та жорсткості матеріалу блоків.

Навантаження на механізм буде збільшуватись пропорційно подачі блоків у секцію обрізування. Подачу слід здійснювати поштучно з кроком, який визначається форматом блоків.

Розглянемо результат експлуатації механізму із наслідками зносу елементів кінематичних пар (рис.). В даному випадку шарнірів та напрямних. Первинний механізм належить групі так званих «плоских» механізмів. Структурна формула, що визначає ступінь вільності його  $W$  має вигляд:

$$W = 3n - 2P_5 - P_4,$$

де  $n$  — кількість рухомих ланок;  
 $P_5$  — кількість кінематичних пар



Структурна схема привода

п'ятого класу;  $P_4$  — кількість кінематичних пар четвертого класу.

Відповідно  $W = 3 \times 3 - 2 \times 4 - 0 = 1$ .

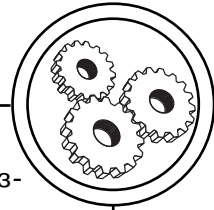
Якщо внаслідок зносу клас пари зміниться, то можливі різні значення ступенів вільності механізму (табл. 1).

Таким чином зміна класу кінематичних пар приводить до

збільшення кількості ступенів вільності (рухомості) механізму. В даному варіанті розглядаємо випадок, коли механізм «плоский». Таке зростання може привести до втрат точності роботи, погіршення якості зрізу та в деяких випадках до заклинювання механізму. Крім того механізм може перейти до групи так званих «просторових» механізмів.

Таблиця 1  
Ступінь вільності механізму у плоскому варіанті схеми

Кінематична пара	Клас кінематичної пари	Ступінь вільності механізму
O	5	$W = 9 - 6 - 1 = 2$
A	4	
$B_1$	5	
$B_2$	5	
O	5	$W = 9 - 4 - 2 = 3$
A	4	
$B_1$	4	
$B_2$	5	
O	5	$W = 9 - 2 - 3 = 4$
A	4	
$B_1$	4	
$B_2$	4	



Ступінь вільності просторових механізмів визначають за формулою Сомова-Малишева:

$$W = 6n \times 5P_5 - 4P_4 - 3P_3 - 2P_2 - P_1,$$

де  $n$  — кількість рухомих ланок;  $P_5 \dots P_1$  — кількість кінематичних пар відповідного класу.

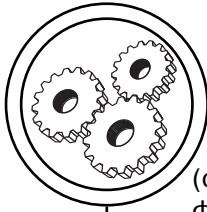
Пропоновані варіанти розглянуті в таблиці 2.

Таким чином, структурний аналіз показує, що за рахунок зміни класу кінематичних пар відбувається перехід механізму до складу просторових механізмів. Механізм може змінювати свою рухомість від  $W = -1$

Таблиця 2

Ступінь вільності механізму у просторовому варіанті схеми

Кінематична пара	Клас кінематичної пари	Ступінь вільності механізму
O	5	-1
A	5	
B <sub>1</sub>	5	
B <sub>2</sub>	4	
O	5	0
A	5	
B <sub>1</sub>	4	
B <sub>2</sub>	4	
O	5	1
A	4	
B <sub>1</sub>	4	
B <sub>2</sub>	4	
O	4	2
A	4	
B <sub>1</sub>	4	
B <sub>2</sub>	4	
O	5	2
A	4	
B <sub>1</sub>	3	
B <sub>2</sub>	4	
O	5	3
A	3	
B <sub>1</sub>	3	
B <sub>2</sub>	4	



(один раз статично невизначена ферма).  $W = 0$  (нерухома ферма) до  $W = 2$ , або  $W = 3$ , і більше — тобто знову ж таки до варіанту багато рухомого механізму.

Наслідки цього — погіршення якості продукції та зниження точності зрізу, прискорення зношування комплектуючих деталей.

### Висновки

Проведений попередній структурний аналіз показує, що визначені зміни класів кінематичних пар внаслідок зносу може переводити механізм до іншої категорії. Відповідно це додає йому надлишкові рухомості, або робить з нього нерухому систему.

Для забезпечення нормального функціонування механізму треба зберегти його в «плоскому» варіанті та забезпечити на тривалий час збереження первинного п'ятого класу кінематичних пар. Ця вимога забезпечується ретельним підбором

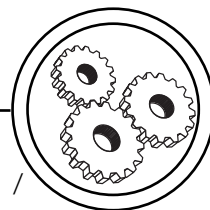
матеріалів для елементів кінематичних пар, технологічно правильного їх виготовлення та з дотриманням експлуатаційних характеристик. Наприклад, чистота поверхонь деталей та відповідне змащування їх контактуючих частин.

Розглянуті питання структурного аналізу при проектуванні схем механізмів ножів пристроїв для обрізування книжково-журнальних блоків безупинним способом дозволять розробити технологічні та експлуатаційні вимоги до нового обладнання.

Структурний аналіз механізму дозволить провести уточнені експериментальні дослідження сил різання. Це стосується точності обрізування залежно від великої кількості змінних факторів. Наприклад, вид паперу, траєкторія і швидкість руху різального інструмента, відстань між різальним інструментом та механізмом затиску та ін.

### Список використаної літератури

1. Хведчин Ю. Й. Брошурувально-палітурне устаткування. Ч. 1. Брошурувальне устаткування. Підручник / Ю. Й. Хведчин. — Львів : ТеРус, 1999. — 336 с.
2. Пергамент Д. А. Брошюровочно-переплетное оборудование / Д. А. Пергамент. — М. : МПИ, 1990. — 452 с.
3. Топольницький П. В. Нові технології та пристрої для різання поліграфічних матеріалів та книжково-журнальних блоків : навч. посіб. / П. В. Топольницький, О. Б. Книш. — Львів : Афіша, 2003. — 88 с.
4. Іванко А. І. Механіка процесу обрізування книжково-журнальних блоків дисковими ножами з планетарним приводом : дис. ... канд. техн. наук: 05.05.01 / Іванко Андрій Іванович. — Київ, 2007. — 181 с.
5. Пат. 49327 Україна, МПК В 26 D 1/00. Пристрій для безупинного обрізування корінця книжкового блока і підготовки його до нанесення клею / А. І. Іванко. — Заявл. 10.11.2009; Опубл. 26.04.2010. — Бюл. № 8, 2010. — 4 с.
6. Іванко А. І. Кінематичні та динамічні параметри пристрою для обрізування аркушевого матеріалу / А. І. Іванко, С. Л. Панов, Р. В. Маржієвський // Технологія і техніка друкарства. — Київ : ВПІ НТУУ «КПІ». — 2014. — Вип. 2(44). — С. 103–111.



7. Полюдов О. М. Механіка поліграфічних автоматів : навч. посіб. / О. М. Полюдов. — К. : НМК ВО, 1991. — 168 с.

### References

1. Khvedchyn Iu. I. Broshuruvalno-paliturne ustatkuvannia. Ch. 1. Broshuruvalne ustatkuvannia. Pidruchnyk / Iu. I. Khvedchyn. — Lviv : TeRus, 1999. — 336 с.
2. Pergament D. A. Broshjurovochno-perepletne oborudovanie / D. A. Pergament. — M. : MPI, 1990. — 452 s.
3. Topolnytskyi P. V. Novi tekhnolohii ta prystroi dlia rizannia polihrafichnykh materialiv ta knyzhkovo-zhurnalnykh blokiv : navch. posib. / P. V. Topolnytskyi, O. B. Knysh. — Lviv : Afisha, 2003. — 88 s.
4. Ivanko A. I. Mekhanika protsesu obrizuvannia knyzhkovo-zhurnalnykh blokiv dyskovymy nozhamy z planetarnym pryvodom : dys. ... kand. tekhn. nauk: 05.05.01 / Ivanko Andrii Ivanovych. — Kyiv, 2007. — 181 s.
5. Pat. 49327 Ukraina, MPK V 26 D 1/00. Prystii dlia bezupynnoho obrizuvannia korintsia knyzhkovoho bloka i pidhotovky yoho do nanesennia kleiu / A. I. Ivanko. — Zaiavl. 10.11.2009; Opubl. 26.04.2010. — Biul. № 8, 2010. — 4 s.
6. Ivanko A. I. Kinematychni ta dynamichni parametry prystroiu dlia obrizuvannia arkushevoho materialu / A. I. Ivanko, S. L. Panov, R. V. Marzhiievskiy // Tekhnolohiia i tekhnika drukarstva. — Kyiv : VPI NTUU «KPI». — 2014. — Vyp. 2(44). — S. 103–111.
7. Poliudov O. M. Mekhanika polihrafichnykh avtomativ : navch. posib. / O. M. Poliudov. — K. : NMK VO, 1991. — 168 s.

**В статье проведен структурный анализ кривошипно-ползунного привода устройства обрезки книжных блоков. Рассмотрены вопросы структурного анализа при проектировании схем механизмов ножей устройств для обрезки книжно-журнальных блоков непрерывным способом. Это позволит разработать технологические и эксплуатационные требования к новому оборудованию и провести уточненные экспериментальные исследования сил резания.**

**Ключевые слова:** класс кинематической пары, степень свободы механизма, «плоский» механизм, «пространственный» механизм.

**In the article the structural analysis of slider-crank drive the cutter book blocks. The problems of structural analysis in the design of circuit mechanisms knives devices for trimming book and magazine units continuing way. This will develop the technological and operational requirements for new equipment and conduct experimental studies clarified cutting forces.**

**Keywords:** class kinematic pairs, the degree of freedom of the mechanism, «flat» mechanism, «spatial» mechanism.

Рецензент — Ю. О. Шостачук, к.т.н.,  
доцент, НТУУ «КП»

Надійшла до редакції 28.09.14