

Предоставлены результаты исследований процесса износа дисковых ножей при резании древесноволокнистых плит. Установлено, что наибольшей износостойкостью обладают ножи твердостью в пределах 54-59 HRC. Анализ износостойкости инструмента дает возможность сделать вывод о том, что этот показатель в 4-5 раз больше, чем при резании пилами, оснащенными твердосплавными пластинками.

***Bekhta P.A., Kopanskiy M.M. The results of researches of process of deterioration of cutting discs at cutting of fibre boards are submitted in the article***

It is established, that the greatest wear resistance have the knives, with hardness within the limits of 54-59 HRC. The analysis of a wear resistance of the tool enables to conclude that this parameter is 4-5 times more, than at cutting with saws equipped hard-alloy plates.

---

УДК 629.114.3

*Проф. І.В. Кузьо, д-р техн. наук; доц. Р.В. Зінько,  
канд. техн. наук; доц. І.С. Лозовий, канд. техн. наук –  
НУ "Львівська політехніка"*

## **ЗАСТОСУВАННЯ ГРАФІВ У ДОСЛІДЖЕННІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ МАШИН ІЗ ПРУЖНО ЗЧЛЕНОВАНИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ**

Запропоновано використання графів для запису конструкції механізмів та машин. На основі такого графу формується розрахункова схема і записується граф структури рівнів зв'язків узагальнених координат. Це дає змогу записати математичну модель відповідної складності залежно до поставлених завдань досліджень.

**Ключові слова:** структурні схеми, структурний синтез механізмів, графи структури зв'язків узагальнених координат.

**Вступ.** У виборі структурної схеми (механізму) або її синтезі та оптимізації, розробники переважно керуються комплексом конструктивних, технологічних вимог тощо. Використання у цих випадках класичної системи структурного синтезу механізмів не завжди є зручним, на чому наголошують багато авторів [1, 2].

Питання про раціональний або оптимальний вибір структурної схеми щодо синтезу механізму, який важко піддається формалізації, ще недостатньо розроблене в теорії механізмів. Питання про попередню функціональну оцінку можливостей механізмів різних структурних схем для їх обґрунтованого вибору тільки ставиться. Особливо актуальним є створення структурних схем механізмів і машин з пружно зчленованими елементами (ПЗЕ), оскільки їх використання є ефективнішим за певних режимів експлуатації.

**Аналіз останніх досліджень.** Доцільнішим для практичного використання є зображення структури механізмів з урахуванням їх потенційних функціональних або інших можливостей. Деякі автори наголошують, що форми зображення структури механізму сприяють автоматизації процесу вибору механізму та аналізу його кінематичних показників [2, 3].

Тому багато авторів вважають за доцільне представляти структуру механізмів у зручнішій для користувачів формі. У роботі [4] Р. Аллен запропо-

нував для динамічного і кінематичного аналізу силових зубчастих передач використовувати багатополюсні графові моделі їх структури. Н.С. Воробйов [5], І.І. Вульфсон [6] та ін. використовували різні види умовних зображень структури машин, зручних для розв'язку конкретних задач дослідження. У роботі [7] Е.Е. Пейсах, В.А. Нестеров описали систему структурного синтезу плоских механізмів на основі теорії графів, що дає змогу використовувати ЕОМ для синтезу й оптимізації структури механізмів.

Відоме використання графів, яке є досить ефективним для аналізу і класифікації машин зі змінним центром мас за структурно-конструктивними ознаками, а також для аналізу зв'язків узагальнених координат відповідних математичних моделей з метою оптимального моделювання внутрішніх зв'язків між елементами досліджуваної машини [8, 9].

**Мета дослідження.** Оскільки застосування графів дає змогу ефективніше і наочніше оцінювати і вивчати експлуатаційні властивості машин та механізмів, необхідно розробити методику дослідження на прикладі колісних транспортних машин (КТМ) із ПЗЕ.

Основний матеріал. Методика дослідження машин та механізмів з використанням графів охоплює створення математичної моделі руху КТМ із ПЗЕ, з урахуванням основних чинників, що визначають ефективність їх роботи. Для цього необхідно визначити рівень складності майбутньої математичної моделі. Вона повинна враховувати основні чинники, що істотно впливають на функціонування КТМ із ПЗЕ. Інші, другорядні чинники, що неістотно впливають на їх роботу, недоцільно включати в модель, оскільки виникають значні трудовитрати щодо запису рівнянь, і робота пакету прикладних програм буде ускладнена через те, що складні обрахунки заберуть значний ресурс комп'ютера. Тому необхідно розробити загальні основи побудови математичних моделей КТМ із ПЗЕ.

При аналізі КТМ із ПЗЕ за структурно конструктивними ознаками використаємо графи структур їх плоских конструктивних схем [10, 11], в яких елемент схеми відображається кружком, а кінематичний зв'язок між двома елементами відповідним чином (табл. 1). Структури плоских конструктивних схем КТМ із ПЗЕ можна поділити на дві групи за критерієм подібності графів структури (табл. 2). Два графи структури будемо вважати подібними, якщо немає різниці в їх будові або ця різниця вважається елементарною.

Під графом структури рівнів зв'язків узагальнених координат математичних моделей роботи і руху транспортних машин з ПЗЕ розуміємо такий граф, який показує перелік узагальнених координат у математичних моделях та зв'язки між ними.

Надалі, опускаючи неістотні деталі конструкції КТМ із ПЗЕ, зупинимось на відображенні рівневих зв'язків у системах відліку між узагальненими координатами лише для двох груп КТМ із ПЗЕ (табл. 1), що представлені подібними графами структури конструктивних схем (табл. 2) (подібність графів зменшується від позначки (а)), використовуючи графи структури зв'язків рівнів узагальнених координат.

**Табл. 1. Зв'язки між елементами конструктивних схем та їх зображення у графі структури конструктивної схеми КТМ із ПЗЕ**

| Зображення в графі зв'язків між елементами конструктивних схем зв'язків | Зв'язки між елементами конструктивних схем |          |              |
|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|----------|--------------|
|                                                                         | пружний                                    | жорсткий | дисипативний |
| Пасивні                                                                 |                                            |          |              |
| Активні                                                                 |                                            |          |              |

Для відображення рівня залежностей одних узагальнених координат від інших ці координати розміщували за рівнями залежності і позначали ці рівні послідовно знизу вгору, починаючи з нульового. У графах зв'язків рівнів узагальнених координат використовували такі позначення:

- $i$ -та узагальнена координата 0-го рівня, що відповідає абсолютній координаті;
- $i$ -та узагальнена координата  $j$ -го рівня, що відповідає відносній координаті;
- підпорядкований зв'язок (напрямок підпорядкування узагальнених координат показує стрілка:  $i$ -та координата  $j$ -го рівня залежності підпорядкована  $i$ -й ( $j-1$ )-го рівня залежності).

**Табл. 2. Класифікація конструктивних схем КТМ з ПЗЕ за критерієм подібності їх графів структури**

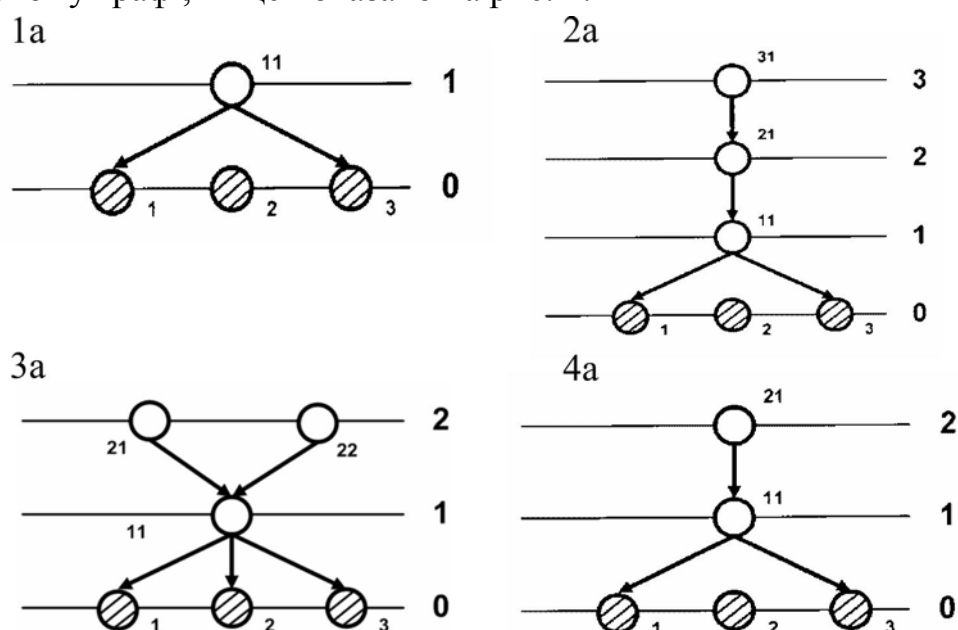
|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

Графи структури зв'язків узагальнених координат КТМ із ПЗЕ різняться між собою такими параметрами: кількістю координат нульового рівня

ня, що зумовлено кількістю повідних коліс та приводів виконавчих механізмів; наявністю чи відсутністю розгалужень на рівнях залежностей вище першого; кількістю рівнів залежностей, що зумовлено складністю виконавчих механізмів.

Спільним для цих графів є одна узагальнена координата на першому рівні зв'язків, а саме координата відносного повороту корпусу КТМ із ПЗЕ у вертикальній площині. Представлення рівнів зв'язків координат у вигляді графів дає змогу з'ясувати взаємовплив роботи елементів КТМ із ПЗЕ і будувати моделі з врахуванням цих зв'язків. Крім того, графи рівнів зв'язків дають змогу однозначно визначити необхідну кількість і перелік узагальнених координат, які потрібні для розв'язку конкретної задачі.

Розглянемо приклади використання графів рівнів зв'язків узагальнених координат для ілюстрації їх побудови та рівнями зв'язків між координатами в самому графі, як це показано на рис. 1.



**Рис. 1. Графи зв'язків рівнів узагальнених координат на прикладі шасі повноприводної колісної транспортної машини (табл. 2)**

Для шасі повноприводної КТМ з одним пружно зчленованим вантажем граф зв'язків рівнів узагальнених координат показано на рис. 1, 1 а. Якщо задачею моделювання передбачено дослідження вантажу, пружно зчленованого з корпусом КТМ, то граф матиме вигляд, наведений на рис. 1, 4 а. У випадку дослідження функціонування КТМ з двома паралельно або послідовно розміщеними пружно зчленованими вантажами граф матиме вигляд, наведений на рис. 1, 3,а. Якщо вантажі розміщені каскадно – у графі з'явиться додатковий рівень, як показано на рис. 1, 2,а.

Графи зв'язків рівнів узагальнених координат моделі функціонування КТМ наочно показують взаємозв'язки між їхніми координатами і дають змогу проводити аналіз КТМ із ПЗЕ, а саме:

- узагальнені координати чотирьох типів КТМ і зв'язки між ними зручно представляти у вигляді графів структур рівнів зв'язків координат, вони описуються двома типами графів;

- залежно від задачі досліджень за допомогою графа структури можна сказати які та скільки необхідно і достатньо вибрати координати, а потім і перевірити структуру правих частин побудованих рівнянь моделей функціонування КТМ.

З урахуванням цього, запропоновано методику побудови математичних моделей роботи КТМ, яка складається із таких процедур:

- відповідно до задач досліджень зниження динамічних навантажень визначається достатня адекватність моделей, що будуються;
- будується подібний граф конструктивної схеми КТМ, функціонування якої досліджується;
- будується граф структури зв'язків узагальнених координат;
- з урахуванням поставлених задач з множини чинників вибираються ті чинники, які необхідно врахувати в майбутній моделі;
- на основі прийнятих припущень та графа структури рівнів зв'язків узагальнених координат будується розрахункова схема з дискретно розподіленими інерційними та пружними параметрами, де показуються вибрані чинники;
- складаються диференціальні рівняння руху елементів КТМ;
- за допомогою графа структури рівнів зв'язків узагальнених координат перевіряється структура розподілу других похідних від узагальнених координат за часом в диференціальних рівняннях отриманої системи;
- формулюються початкові умови та інші обмеження на рух КТМ, що буде досліджуватися.

**Висновки.** Запропоновано використання графів для запису конструкції механізмів та машин. На основі такого графу формується розрахункова схема і записується граф структури зв'язків узагальнених координат. Це дає змогу записати математичну модель відповідної складності залежно до поставлених завдань досліджень.

## Література

1. **Воробьев Н.С.** Механизмы с замкнутым энергетическим потоком / Н.С. Воробьев. – Львов : Вид-во "Вища шк.", изд-во при ЛНУ, 1983. – 144 с.
2. **Отроков А.В.** Основные положения методики поиска новых технических решений шахтных погрузочных машин / А.В. Отроков // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М. : Изд-во Мос. госунар. горного ун-та, 2000. – № 4. – С. 171-174.
3. **Пожбелко В.И.** Структурный синтез и анализ механических систем произвольной структуры заданного уровня сложности / В.И. Пожбелко // Машиностроение : изв. ВУЗов. – 2000. – № 5-6. – С. 13-25.
4. **Ален Р.** Многополюсные модели для кинематического и динамического анализа силовых зубчатых передач / Р. Ален // Труды Аоим. Конструирование. – Т. 101. – 1979. – № 2. – С. 43-53.
5. **Бородулин В.И.** Математическая модель исследования характеристик рельсового подпружиненного упора с фрикционным гасителем колебаний / В.И. Бородулин, Л.В. Кудюров // Актуальные проблемы развития железнодорожного транспорта : матер. Междунар. научно-практ. конф. – Самара : Изд-во ДНТ, 2006. – С. 246-251.
6. **Вульфсон И.И.** Виброактивность приводов машин разветвленной и кольцевой структуры / И.И. Вульфсон / под ред. К.М. Рагульскиса // Машиноведение. – 1986. – 99 с.
7. **Пейсах Э.Е.** Система проектирования плоских рычажных механизмов / Э.Е. Пейсах, В.А. Нестеров / под ред. К.В. Вролова. – М. : Изд-во "Машиностроение", 1988. – С. 148-232.
8. **Лозовий І.С.** Структурний аналіз плоских схем автовантажотранспортувальних машин / І.С. Лозовий, Р.В. Зінько // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2000. – № 2. – С. 63-67.
9. **Зінько Р.В.** Графи структури зв'язків узагальнених координат для автовантажотранспортувальних машин та методика побудови математичних моделей / Р.В. Зінько, І.С. Лозовий // Вісник Технологічного університету Поділля. – 2001. – Вип. 1. – С. 29-33.

**10. Черевко Ю.М.** Використання графів для побудови математичної моделі систем з пружно-зчленованими елементами / Ю.М. Черевко, І.С. Лозовий, Р.В. Зінько // Автошляховик України. – 2009. – № 4. – С. 12-15.

**11. Черевко Ю.** Використання графів для побудови математичної моделі систем з пружно-зчленованими елементами / Ю. Черевко, І. Лозовий, Р. Зінько // 9-й Міжнародний симпозиум українських інженерів-механіків у Львові : тези доповідей. – Львів : Вид-во КІН-ПАТРИ ЛТД. – 2009. – С. 65-67.

**Кузьо И.В., Зинько Р.В., Лозовый И.С. Применение графов в исследовании функционирования транспортных машин с упруго сочлененными элементами**

Предложено использование графов для записи конструкции механизмов и машин. На основе такого графа формируется расчетная схема и записывается граф структуры уровней связей обобщенных координат. Это дает возможность записать математическую модель соответствующей сложности в зависимости от поставленных задач исследований.

**Ключевые слова:** структурные схемы, структурный синтез механизмов, графы структуры связей обобщенных координат.

**Kuzjo I.V., Zinko R.V., Lozovyj I.S. Application of counts for transport vehicles functioning research with resiliently arthrous elements**

It is suggested to utilize columns for the record of construction of mechanisms and machines. A calculation chart is formed on the basis of such a count. The count of structure of connections of the generalized co-ordinates is farther written down. It allows to write down the mathematical model of the proper complication dependently to the put tasks of researches.

**Keywords:** structural diagrams, structural synthesis of mechanisms, column of structure of connections of the generalized co-ordinates.

УДК 674.815-41

*Доц. Р.Г. Салабай, канд. техн. наук;  
доц. Р.О. Козак, канд. техн. наук – НЛТУ України, м. Львів*

**АНАЛІЗ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ  
НА ВЛАСТИВОСТІ СТРУЖКОВИХ ПЛИТ**

Проаналізовано вплив технологічних параметрів на властивості стружкових плит. Встановлено, що фізико-механічні властивості стружкової плити визначаються її структурою, яка формується внаслідок впливу властивостей сировини і клейових матеріалів, параметрів обладнання і режимів технології.

**Ключові слова:** стружкова плита, технологічні параметри, властивості, сировина, в'язучі, деревинні частинки, пресування.

Стружкові плити (СП) отримують пресуванням деревинних частинок, змішаних із синтетичним клеєм. Тому їхні характеристики потрібно розглядати як властивості композиції природного полімеру (деревини) і синтетичного полімеру (клею). Властивості стружкових плит визначаються здебільшого особливостями вихідних компонентів і сформованою під дією технологічних параметрів структурою. Отже, формування властивостей СП можна розглядати як синтез прояву її компонентами механічних, фізико-хімічних і реологічних властивостей та створення умов для поєднання властивостей цих компонентів у єдину систему. Основні параметри, які впливають на властивості готової плити: вид сировини, порода деревини, тип частинок, вид в'язучого, його кількість і розподіл між шарами, спеціальні добавки, кількість і