

РОЗРОБКА МЕТОДИКИ СИНТЕЗУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ТЕОРІЇ ГРАФІВ

У статті розглянуто метод синтезу технологічного процесу в машинобудуванні за допомогою теорії графів. Запропоновано методику, що забезпечує структурування даних та звуження області пошуку припустимих технологічних рішень.

In this article the synthesis stage of the process in engineering, which is created by using graph theory. The method provides data structuring and narrowing the search admissible technological solutions.

Машинобудування є важливою комплексною галуззю промисловості України. В ній зайнята понад третина промислового персоналу. Машинобудування є основою технічного і технологічного прогресу.

В Україні широко розвинуте профільне машинобудування, підприємства якого формують складний взаємопов'язаний машинобудівний комплекс. До його складу входять усі основні галузі машинобудування. Провідне місце посідають приладобудування, тракторне і сільськогосподарське машинобудування, де зайнято близько п'ятої частини тих, хто працює в машинобудуванні. Розвиваються транспортне машинобудування, промисловість металевих конструкцій, верстатобудівна та інструментальна, тощо.

Характерною особливістю галузі є розширення випуску виробів, що раніше доставлялися з-за кордону, підвищення якості деяких видів продукції.

Проте машинобудування не поминули кризові явища, які призвели до значного скорочення випуску продукції, погіршення зв'язків, розбалансування виробництва. Тому, для підвищення продуктивності та економічності випуску нових деталей, машинобудування потребує розробки нових методів проектування технологічних процесів. Одним із них є побудова технологічних процесів за допомогою теорії графів.

Технологічний процес – послідовність технологічних операцій, необхідних для виконання певного виду робіт. Технологічний процес складаються з робочих операцій, які в свою чергу складаються з робочих рухів (прийомів) [1].

В машинобудуванні технологічний процес складається з етапів аналізу, синтезу та прийняття рішень.

Етап аналізу реалізується на початку, де відбувається розбиття деталі на окремі елементарні поверхні та передача їх для генерації відповідних технологічних процесів. Етап синтезу реалізується при генерації відповідних технологічних процесів, де відбувається пошук для кожної з елементарних поверхонь відповідних технологічних процесів обробки, відбувається об'єднання розрізаних планів обробки елементарних поверхонь в єдиний технологічний процес з визначенням послідовності операцій в технологічному процесі. І на завершальному етапі, прийнятті рішення, відбувається затвердження технологічного процесу, за критеріями оптимальності для кожного індивідуального виробничого середовища.

Етап синтезу є дуже важливий в формуванні технологічного процесу, й існує багато варіантів реалізації етапу синтезу, наприклад, на основі функціонально-орієнтованого підходу [2], синтез можливих варіантів на основі моделювання стану показників якості поверхонь на етапах [3]. Проте всі існуючі варіанти мають свої недоліки.

Відповідно, метою статті є впровадження теорії графів у етап синтезу проектування технологічних процесів в машинобудуванні.

Теорія графів – розділ дискретної математики, що вивчає властивості графів. У загальному розумінні граф представляється як безліч вершин (вузлів), з'єднаних ребрами. У строгому визначенні графом називається така пара множин $G=(V,E)$, де V є підмножина будь-якої рахункової множини, а E - підмножина [4].

Теорія графів знаходить застосування, наприклад, у геоінформаційних системах (ГІС). Існуючі або знову проектуємі будинки, споруди, квартали і т. п. розглядаються як вершини графів, а з'єднуючі їх дороги, інженерні мережі, лінії електропередачі і т. п. - як ребра. Застосування різних обчислень, вироблених на такому графі, дозволяє, наприклад, знайти найкоротший об'їзний шлях або спланувати оптимальний маршрут.

Якщо взяти шаблон застосування теорії графів у геоінформаційних системах та перенести його на проектування технологічного процесу, то вершини такого графа будуть відповідати станам деталі між операціями, а ребра будуть відповідати операціям над деталлю.

Схематично, етапи технологічного процесу можна представити, як показано на рис. 1.

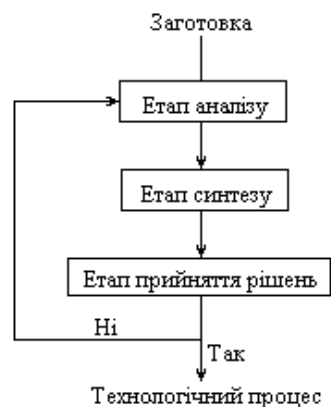


Рис. 1. Схема етапів технологічного процесу

Для того, щоб візуалізувати технологічний процес, створюється матриця, в якій рядки відповідають типу операції над поверхнею, а стовпці – номеру операції над поверхнею. Ця матриця є матрицею операцій над елементарними поверхнями (таблиця 1).

Таблиця 1. Матриця операцій над елементарними поверхнями

Номер операції \ Тип операції	1	2	...	n-1	n
чорнова	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5
напівчорнова	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3
	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
напівчистова	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
чистова	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4

Матриця операцій над елементарними поверхнями заповнена параметрами шорсткості для точіння та розточки відповідно міждержавному стандарту [5].

Далі матриці операцій над елементарними поверхнями співставляється відповідний граф, в якому вершини відповідають параметрам шорсткості поверхні, а ребра відповідають переходам між станами елементарних поверхонь деталей (граф станів-переходів).

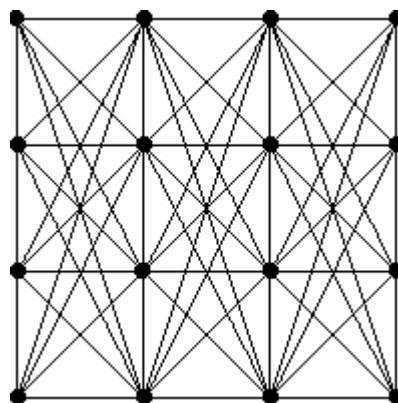


Рис. 2. Граф станів-переходів

З рис. 2 слідує, що перехід відбувається як від верхнього рівня до нижнього, так і навпаки, – від нижнього рівня до верхнього. Якщо розглянути цей перехід у матриці, то отримується перехід від більш точної обробки до більш грубої, або з більш грубої (наприклад, чорнової) до точної (наприклад, чистової); теоретично в технологічному процесі це можливо, але економічно не доцільно, тому з графа станів-переходів недоцільні переходи видаляються, також в граф додаються орієнтації, й цей граф виступає орієнтованим графом станів переходів.

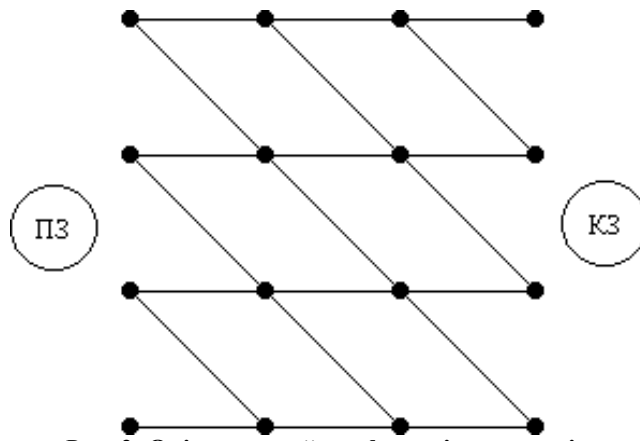


Рис. 3. Орієнтований граф станів-переходів

З рис. 3 видно, що граф є орієнтованим, і має початкове значення (ПЗ) та кінцеве значення (КЗ). ПЗ відповідає початковим значенням елементарної поверхні (шорсткість, довжина тощо), КЗ – кінцевим значенням елементарної поверхні (шорсткість, довжина тощо). Орієнтований граф станів переходів виконує функцію структуризації та звуження області пошуку припустимих технічних рішень при синтезі технологічних процесів.

Для реалізації підходу створення технологічного процесу за допомогою теорії графів наведено приклад.

Нехай є триступеневий вал, як показано на рис. 4, в якому потрібно отримати шорсткість поверхонь $Ra=1,6\text{мкм}$, $Ra=3,2\text{мкм}$, $Ra=6,3\text{мкм}$ відповідно.

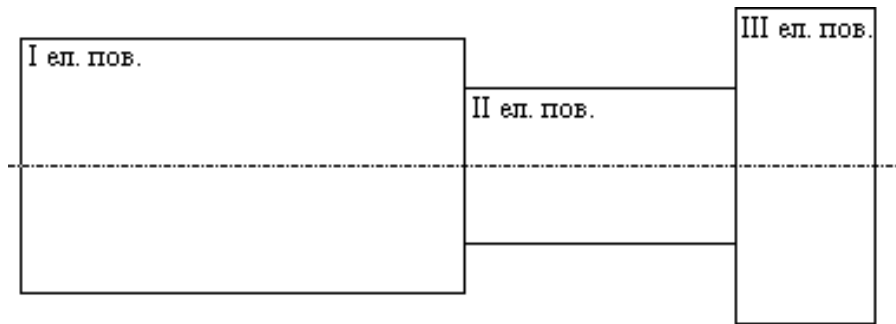


Рис. 4. Зразок – триступеневий вал

Першим кроком вал розбивається на елементарні поверхні. Розбиття вала є складовою етапу аналізу технологічного процесу, й спрощує подальшу роботу генерування технологічного процесу для деталі у цілому.

Кожна елементарна поверхня отримує від орієнтованого графа переходів свій підграф, як показано на рис. 5.

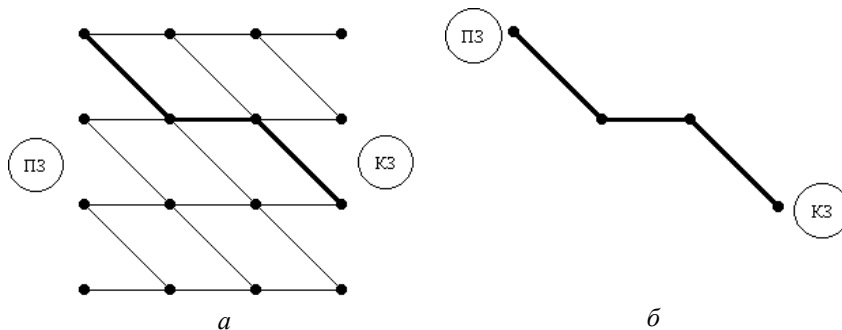


Рис. 5. Генерація (а) та виділення (б) підграфа для елементарної поверхні з орієнтованого графа переходів

Наступним кроком в створенні технологічного процесу для елементарної поверхні є накладання підграфа з матрицею операцій над елементарними поверхнями, яка висвітлює тип операції та отриману шорсткість на кожному кроку обробки, де стовпці відповідають типу операції, а рядки порядковому номеру операцій над елементарною поверхнею (таблиця 2).

Таблиця 2. Матриця операцій над елементарною поверхнею

Тип операції \ Номер операції	1	2	3	4
чорнова	12,5			
напівчорнова		6,3	3,2	
напівчистова				1,6

Після отримання даних результат записується, й якщо він не задовольняє рішення технологічного процесу, то цикл повторюється. Якщо результат задовольняє рішення технологічного процесу, то цикл повторюється для наступної елементарної поверхні. Після чого, всі рішення для кожної елементарної поверхні об'єднуються в єдиний технологічний процес.

Відповідно до розглянутого прикладу, рішення для першої елементарної поверхні, для отримання шорсткості 1,6мкм, знадобиться 4 операції: для отримання поверхні з шорсткістю 12,5мкм (чорнова), отримання поверхні з шорсткістю 6,3мкм (напівчорнова), отримання поверхні з шорсткістю 3,2мкм (напівчорнова), отримання поверхні з шорсткістю 1,6мкм (напівчистова).

Отже, в статті розглянуто етап синтезу технологічного процесу в машинобудуванні, який створюється за допомогою теорії графів. Викладено метод структуризації даних та звуження області пошуку припустимих технологічних рішень. Доведено, що використання теорії графів для структуризації та звуження області пошуку припустимих технічних рішень дозволяє спростити етап синтезу при проектуванні технологічних процесів в машинобудуванні.

Література

1. Служба тематических толковых словарей, <http://www.glossary.ru/>
2. Недашковский А.П., Михайлов А.Н. Михайлова Е.А.
3. Аналіз і синтез технологічних процесів обробки лопаток ГТД на основі функціонально-орієнтованого підходу //ДонНТУ, г. Донецьк, Україна.
4. Беляков Н.В. Алгоритм формування маршруту обробки типових компонентів деталей машин // Молодь і наука на порозі 3 тисячоліття. Мозырь: МГПИ ім. Н.К. Крупской, 2001.– с.5-9.
5. Харари Ф. Теорія графів. — М.: Мир, 1973.
6. ГОСТ 9378-93 (ISO 2632-1-85, ISO 2632-2-85) "Зразки шорсткості поверхні (порівняння). Загальні технічні умови " (введений в дію постановою Держстандарту РФ від 7 лютого 1996 р. N 54).
7. В.К. Стеклова. - К.: Техніка, 2002. - 792 с