

У результаті досліджень визначені поля розсіювання, діапазони змін значень виходу пиломатеріалів і їхніх відхилень для всіх варіантів набору специфікаційних товщин дощок. Отримано формалізований опис відхилень обсягів пиломатеріалів. Вихід пиломатеріалів залежить від похибок об'єму круглих лісоматеріалів і об'єму пилопродукції. Також варто розрізняти номінальний об'єм пиломатеріалів, розрахований за номінальними розмірами, і фактичний об'єм. Встановлено, що похибки об'єму пиломатеріалів більші, ніж похибки об'єму, спричинені похибками розмірів. Тому зведення завдання визначення точності об'єму пиломатеріалів до визначення точності розмірів не можна визнати правильним. Похибки випадкового характеру, а також похибки систематичні є змінними, викликають розсіювання виходу пилопродукції. При цьому спостерігається зміна виходу при однакових вихідних номінальних параметрах сортиментів і стандартних розрахункових розмірах пиломатеріалів.

Визначення поля розсіювання значень виходів реалізовано для процесу виробництва пиломатеріалів на однопилкових стрічкопилкових верстатах з рухомих пилковим вузлом для поздовжнього розпилювання круглих лісоматеріалів, зорієнтованих по двох твірних, за круговою брусорозвальною схемою.

Література

1. Дьяконов А.А., Сумароков А.М., Шатилов Б.А. Интенсификация лесопильного производства. - М.: Лесн. пром-сть, 1988. - 168 с.
2. Калитеевский Р.Е. Теория и организация лесопиления. - М.: Экология, 1995.-352 с.
3. Справочник по лесопилению / Богданов Е.С., Боровиков А.М., Голенищев Н.Д. и др. / Под ред. С.М. Хасдана. - М.: Лесн. пром-сть, 1991. - 424 с.
4. Гайда С.В., Кшивецкий Б.Я., Войтович І.Г. Прокопович Б.В. Тлумачний словник з деревооброблення. – Львів: НЛТУ України. – 2002. – 280 р.
5. Гайда С.В. Гнучкі автоматизовані виробництва та робототехніка в деревообробці: Основи створення ГАВ. – Львів: ВМС. – 1998, – 149 с.
6. Гайда С.В. Гнучкі автоматизовані виробництва та робототехніка в деревообробці: Основи робототехніки. – Львів: ВМС. – 1998, – 145 с.
7. Гайда С.В. Особливості та перспективи роботизації меблевої промисловості України / Науковий вісник УкрДЛТУ / наук. зб. – Львів: УкрДЛТУ. – 2002, вип. 12.5 – С. 38-40.
8. Gayda S.V. (2001): Рациональное конструирование виробів з деревини / Rational constructing of wood Productss. Lviv: BMC. – 93 p. (in Ukr.).
9. Gayda S.V. (2000): Матеріали для виготовлення виробів з деревини / Materials for the Productson of wood Productss. Lviv: BMC. – 160 p. (in Ukr.).

УДК 674:047

Доц. Л.Я. Сорока, канд. техн. наук - НЛТУ України

АНАЛІЗ МЕТОДІВ МОДЕЛЮВАННЯ ГНУЧКИХ ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМ

Проведено аналіз методів моделювання гнучких виробничих систем, їх недоліки, переваги і практичні застосування.

Doc. L.Ya. Soroka – NUFWT of Ukraine

Analysis of methods of design of the flexible systems of productions

The analysis of methods of design of the flexible systems of productions, their disadvantages, advantages and practical applications, are conducted.

Необхідно виділити два підходи для моделювання складних систем - гнучкі виробничі системи (ГВС) аналітичний і імітаційний [1-6, 9-11]. Аналітичне моделювання базується на поданні об'єкта за допомогою аналітичних залежностей, імітаційне – на проведенні чисельних експериментів на основі програмно-реалізованої моделі об'єкта з метою дослідження їх характеристик. Методи моделювання ГВС є наступними:

1. Дискретно-подійне:

- теорія автоматів;
- система масового обслуговування (СМО);
- сітки Петрі.

2. Безперервних - диференційні рівняння.

3. Гібридних - карти станів.

Аналітичне моделювання базується на описі досліджуемого об'єкта за допомогою набору рівнянь і шляхом аналітичних рішень дозволяє визначити необхідні характеристики цього об'єкта. Найбільш суттєва характеристика аналітичних моделей полягає у тому, що модель не є структурною подібністю об'єкту моделювання. Під структурною подібністю розуміють однозначну відповідність елементів і зв'язків моделі елементам та зв'язкам об'єкта. Процеси, які проходять в об'єкті, не мають прямих аналогів моделі. До аналітичних відносяться моделі, які побудовані на основі апарату математичного програмування, кореляційного та регресивного аналізу.

Імітаційне моделювання базується на проведенні числових експериментів на основі програмної реалізації моделі об'єкта з метою дослідження її характеристик, зокрема заготовок та деталей з деревини [7, 8, 12]. Особливістю таких моделей є структурна необхідність об'єкту і моделі. При побудові імітаційної моделі описуються закони функціонування кожного елементу об'єкта і зв'язку між ними. Процес, який протікає в моделі в ході експерименту, подібний процесу в реальному об'єкті і, відповідно, дослідження об'єкта зводиться до вивчення характеристик процесу, який протікає в моделі.

Всі системи моделювання розділяються на дискретні, безперервні і гібридні. На даний час існує ряд різних методів до моделювання дискретних систем (ДСС). Застосування того чи іншого апарату зумовлене їх аналітичними можливостями, складністю обчислення, прозорістю відображення в цих процесах, які проходять в системі.

Дискретні системи можна описати за допомогою СМО, теорії автоматів, сіток Петрі, рівняннями різниці, а також методом процесної алгебри, діюдної (макс + плюс алгебри).

Методи і результати СМО використовуються при вирішенні задач процесів функціонування ГВС, як системи, в якій використовуються однорідні операції обслуговування. Така система складається із сервісу і черги, яка складається потік заявок. Потік є множиною випадкових моментів поступлення заявок. У залежності від функції розподілення ймовірностей бувають різні види потоків (наприклад, Пуансонівський, Ерлангівський). Найпростіший в класі СМО - марківські процеси, які дозволяють одержати характеристики СМО у вигляді аналітичних виразів і досліджувати більш загальні моделі шляхом зведення до марківських.

Марківським процесом називається випадковий процес $(V(t), t \in T)$ з значеннями з фазового простору, який задовільняє наступну властивість для нижнього набору моментів часу $(t_1; t_2; t_3; t_n, T)$ і будь-якої множини $(B \in T)$ справедливо

$$P(V(t_{n+1}) \in A \mid V(t_1), \dots, V(t_n)) = P(V(t_{n+1}) \in A \mid V(t_n)) \quad (1)$$

Прикладом марківського процесу є процес пуасонівським потік, який називається пуасонівським. Марківська властивість цього процесу впливає із властивості позазмінового розподілу. Марківський процес $(X(t), t, \epsilon, T)$, в якого $X \in \{1, 2, \dots\}$, називається ланцюгом Маркова.

Апарат теорії марківських процесів дозволяє розраховувати ймовірність походження системи в конкретному стані, інтенсивності переходів. Окремим напрямком є апарат так званих напівмарківських потоків, який базується на розгляді спеціально введених зовнішніх дій, які спонукають систему до переходу. Таким чином, теорія СМО враховує аспект поведінки системи і дає можливість розрахувати його числові характеристики відносно певних проміжків часу. Але разом з тим, СМО абстрагується від структури і внутрішньої логіки функціонування системи, вимагає певних обмежень відповідно до характеру потоків.

Теорія автоматів забезпечує аналіз переходів між станами системи, але вона не відображає причинно-післядійні відношення на рівні внутрішніх процесів, а також паралельність, яка витікає з часткової впорядкованості в ГВС.

Ефективним інструментом моделювання дискретних процесів є **сітки Петрі**. Їх особливості – можливість відображати паралельність, асинхронність, ієрархічність моделюючих об'єктів більш простими засобами, ніж при застосуванні інших засобів моделювання. На базі сіток Петрі можна створити багато модифікацій, які збільшують їх можливості моделювання: тимчасові сітки Петрі, інгібіторні сітки Петрі, завантажені сітки Петрі та ін. Необхідно відмітити, що сітки Петрі можливо застосувати до різних модифікацій, що робить їх добрим інструментом для аналізу систем з специфічними властивостями. Сітки Петрі знайшли застосування в таких областях, як дослідження і проектування систем логічного управління технологічними процесами, моделювання асинхронних процесів обчислювальних системах, задачі схемотехніки для дискретної автоматики, проектування робототехнічних систем. Сітки Петрі ефективно відображають внутрішню логіку функціонування систем, крім того, вони мають потужні засоби аналізу їх поведінки. До недоліків можна віднести недостатні комбінаційні властивості, швидкий ріст розмірності при зростанні масштабів системи.

Рівняння різниць описують систему в вигляді моделі:

$$\bar{x}_0, \bar{x}_{n+1} = f(\bar{x}_n, \bar{u}_n), \sigma_n = \varphi(\bar{x}_n, \bar{u}_n), \quad (2)$$

де: $\bar{x}$ – вектор фазових координат; $\bar{u}$ – вектор управління; σ – вектор системи.

Рівняння різниць є формою представлення, яка ефективна при заданій дискретності часу і відомих послідовностях явищ. Крім цього, вони достатньо прості при їх комп'ютерній реалізації розрахунків. Але в складних, особливо паралельних і розгалужених дискретно-виробничих системах відповідні аналітичні вирази в рівняннях різниць і їх аналіз ускладнюється.

Крім розглянутих вище методів, для моделювання дискретно-виробничих систем використовуються також **методи процесної алгебри** – методи, які описують поведінку системи алгебраїчними виразами, які складаються з процесних термінів за допомогою комбінуючих операторів.

Найбільш важливими операторами є: паралельна композиція та послідовна композиції. Аналіз властивостей процесів проводиться шляхом дослідження еквівалентних виразів, через використання аксіоматичних законів і операційних правил. Алгебри процесів забезпечують розвиток наборів операцій композиції, компактне синтаксичне представлення, розвинуті методи синтаксичного аналізу. Одночасно аналіз динамічних властивостей систем з точки зору використання структурних методів є важким.

Діодні алгебри (Макс-плюс алгебри), які використовують факт, що при дослідженні поведінки дискретних систем, на відмінно від безперервних, використовують тільки дві операції: максимум та мінімум, а також їх сума. За допомогою цих операцій визначають математичний апарат, який дозволяє досліджувати системи з достатньо складною структурою. Метод «Макс-плюс алгебри» дозволяє формувати рівняння стану дискретної системи і робити висновки відносно її поведінки. Вони також вимагають досить специфічного представлення системи і тому її використання обмежене.

Для моделювання безперервних систем використовуються практично тільки **диференційні рівняння**. При цьому зміна стану системи в часі задається за допомогою аналітичної функції, наприклад:

$$\frac{d(\bar{x}(t))}{dt} = A(t)\bar{x}(t) + B(t)\bar{u}(t) \quad (3)$$

де: $\bar{x}(t)$ – вектор змінних стану системи, $\bar{u}(t)$ – вектор дій управління.

На даний час розроблено багато методів аналітичного і числового рішення диференційних рівнянь і їх системи. За допомогою цього апарату можна визначити різні кількісні і якісні характеристики системи, зокрема, якість і тривалість перехідного процесу, параметри режимів роботи і т.д. Крім цього, використання диференційних рівнянь дозволяє синтезувати системи з наперед заданими характеристиками функціонування.

Для побудови математичної моделі, динаміки складної механічної системи, зокрема, устаткування, яке входить до складу ГВС, використовують три методи: теореми механіки; рівняння Лангранджа; "енергії прискорення".

При використанні методів, які ґрунтуються на **теоремах механіки**, задачі динамічного аналізу розділяють на три етапи. Перший етап – кінематичний аналіз, в ході якого розраховують положення, переносяться швидкості і прискорення центру ваги, а також кутові швидкості і прискорення всіх ланцюгів механізму. На другому етапі за допомогою визначених кутових величин швидкостей і прискорення визначають головний вектор і головний момент інерційних сил. Третій етап – статистичний аналіз, на основі якого вирішуються задача рівноваги механізму під дією зовнішніх і інерційних сил.

У методах, які використовують **рівняння Лангранжа**, математичну модель одержують у вигляді:

$$\frac{d}{d\epsilon} \left(\frac{\partial \epsilon}{\partial g} \right) - \left(\frac{\partial \epsilon}{\partial g} \right) = Q^3 \quad (4)$$

де: ϵ – вектор номінальної енергії; g – вектор узагальнених координат; Q – вектор зовнішніх сил.

Методи, які засновані на «енергії прискорення» базуються на функції Гіббса:

$$\tilde{N}_o = \frac{1}{2} \sum \dot{o}_s (w_{11}^2 + w_{12}^2 + w_{13}^2) \quad (5)$$

де: m_i – маса i -го ланцюга; $[w_{11}, w_{12}, w_{13}]$ – вектор прискорення i -го ланцюга.

Характер функціонування ГВС в деревообробному виробництві, як і в машинобудуванні носить гібридний характер (дискретно-безперервний), тобто мають місце як дискретні процеси, так і безперервні. Підхід до моделювання ГВС характеризується тим, що він представлений у вигляді дискретної системи з ймовірнісним або детермінованим терміном настання явищ.

Література

1. Бусленко В.Н. Автоматизация имитационного моделирования сложных систем. – М.: Наука, 1977. – 240 с.
2. Дьяконов В.П. Компьютерная математика. Теория и практика. – М.: «Нолидж», 2000. – 1296 с.
3. Мелинов А.В., Понамаренко Л.А., Рюмшин П.А. Математические модели многопоточковых систем обслуживания. – К.: Техника, 1991. – 265 с.
4. Петерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирования систем. – М.: Мир, 1984. – 264 с.
5. Томашевський В.М. Імітаційне моделювання систем і процесів. Навч. посібн. – К.: ІСДО, 1994. – 124 с.
6. Дудюк Д.Л., Загвойська Л.Д., Максимів В.М., Сорока Л.Я. Елементи теорії автоматичних ліній. – Київ-Львів, ІЗМН, 1998. – 192 с.
7. Gayda S.V. (2001): Рациональное конструирования виробів з деревини / Rational constructing of wood Productss. Lviv: ВМС. – 93 p. (in Ukr.).
8. Gayda S.V. (2000): Матеріали для виготовлення виробів з деревини / Materials for the Productionsion of wood Productss. Lviv: ВМС. – 160 p. (in Ukr.).
9. Гайда С.В. Гнучкі автоматизовані виробництва та робототехніка в деревообробці: Основи створення ГАВ. – Львів: ВМС. – 1998, – 149 с.
10. Гайда С.В. Гнучкі автоматизовані виробництва та робототехніка в деревообробці: Основи робототехніки. – Львів: ВМС. – 1998, – 145 с.
11. Гайда С.В. Особливості та перспективи роботизації меблевої промисловості України / Науковий вісник УкрДЛТУ / наук. зб. – Львів: УкрДЛТУ. – 2002, вип. 12.5 – С. 38-40.
12. Гайда С.В., Кшивецький Б.Я., Войтович І.Г., Прокопович Б.В. Тлумачний словник з деревооброблення. – Львів: НЛТУ України. – 2002. – 280 р.

УДК 68.1:658.2

Доц. Л.А. Яремчук, канд. техн. наук - НЛТУ України

МЕТОДИ КОНТРОЛЮ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ЛАКОФАРБОВИХ МАТЕРІАЛІВ

Сучасні методи створення захисно-декоративних покриттів – це якісні стійкі і довговічні плівки і екологічні матеріали та технології. Важливим аспектом при використанні лакофарбових матеріалів є методи дослідження екологічної безпеки

Doc. L.A.Yaremchuk – NUFWT of Ukraine

Methods of control ecological safety of finishing materials