

С. А. СМІРНОВ

**ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ МОДЕЛЮВАННЯ
НА ЕОМ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ
АВТОМАТИЗОВАНИХ БРОШУРУВАЛЬНО-
ПАЛІТУРНИХ ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМ**

Основним напрямом вдосконалення брошурувально-палітурного виробництва є його автоматизація. Сучасні уявлення про автоматизацію поліграфічного виробництва і, зокрема, брошурувально-палітурного, базуються на взаємодії засобів обчислювальної техніки, електроніки, машин-автоматів, автоматичних поточних ліній, транспортно-передаючих систем і спрямовані на створення гнучких автоматизованих поліграфічних виробництв [2]. Необхідний елемент таких виробництв [2] — автоматизовані брошурувально-палітурні виробничі системи (АБПВС). Вони є складними технічними системами і при їх створенні повинні бути використані принципи системного підходу. Ефективним методом дослідження АБПВС є їх моделювання на ЕОМ. Використання машинних моделей — суттєва риса системного підходу до створення автоматизованих систем, оскільки тільки за допомогою ЕОМ можна докладно дослідити параметри і характер взаємодії елементів створюваної системи, її підсистем, оцінити взаємовплив системи і зовнішнього середовища, якість функціонування всієї системи. Тому актуальною є задача використання методів моделювання на ЕОМ для дослідження АБПВС.

Суть моделювання на ЕОМ полягає у проведенні на ЕОМ експерименту з моделлю, яка являє собою програмний комплекс, що описує формально і (або) алгоритмічно поведінку елементів і всієї системи у процесі її функціонування, тобто у їх взаємодії один з одним і з зовнішнім середовищем. Основні етапи моделювання на ЕОМ включають: побудову концептуальної системи та її формалізацію, створення алгоритмічної моделі та її машинну реалізацію, отримання та інтерпретацію результатів моделювання [6]. Алгоритмічні моделі відносяться до класу ідеальних, підкласу цілком формалізованих математичних моделей. Вони можуть бути отримані шляхом послі-

довної формалізації концептуальних, вербальних і графічних моделей. Такі моделі створені для автоматизованої брошурувально-палітурної виробничої системи при шитті нитками (АБПВСШКН) на дільниці: листопідбиральні машини — ниткошвейні автомати — автоматичні поточні лінії для обробки книжкової продукції типу «Книга» — 2-270» — роботизовані комплекси для укладки упакованих пачок на піддони. У цій АБПВСШКН використані жорсткі касети для транспортування книжкових блоків, автоматична транспортно-складська система (АТСС) для переміщення і накопичення касет, промислові роботи для перегрузки касет між технологічним і транспортним обладнанням, укладки пачок книг на піддони, автоматизована система управління технологічним процесом і система автоматичного контролю на базі ЕОМ.

Методи моделювання на ЕОМ можна розділити на аналітичні та імітаційні. Аналітичні методи ґрунтуються на непрямому описі модельованого об'єкта за допомогою набору математичних формул. Аналітична модель не є структурно-подібною щодо об'єкта моделювання. Під структурною подібністю розуміють однозначну відповідність елементів і зв'язків моделі з елементами та зв'язками модельованого об'єкта. Процес, що відбувається на об'єкті моделювання, не має прямого аналогу в аналітичній моделі. Аналітична модель є формальною конструкцією, яку можна проаналізувати і розрахувати аналітичним методом. Такі моделі є ефективним інструментом для розв'язання задач оптимізації характеристик виробничих систем, якщо вони можуть бути описані математично та їх розмірність не надто велика. Включення до складу змінних таких виробничих характеристик, як, наприклад, відкази обладнання, випадкові збурення зовнішнього середовища, значно збільшують розмірність моделей і роблять практично неможливим опис процесів.

Такі задачі можуть бути вирішені за допомогою методів імітаційного моделювання. Важливою характеристикою таких моделей є структурна надійність об'єкта і моделі. При імітаційному моделюванні реалізуючий модель алгоритм відтворює процес функціонування моделюючої системи в часі, причому моделюються елементарні явища, які становлять процес, із збереженням їх логічної структури і послідовності протікання в часі. В даний час імітаційне моделювання — найбільш ефективний метод дослідження складних систем, а часом і єдиний практично допустимий метод одержання інформації про систему, особливо на етапі її створення. Найбільший ефект досягається при спільному використанні методів аналітичного та імітаційного моделювання: для швидкого попереднього розрахунку можуть бути використані аналітичні методи, для детального — імітаційні.

Найбільш простими із аналітичних моделей є розрахункові моделі об'ємного балансу. Аналітичні залежності для устаткування брошурувально-палітурного виробництва наведені у спеціальній літературі [3]. Оцінка параметрів АБППС з використанням цих моделей є приблизною і потребує в процесі проектування уточнення.

Більш ширше, ніж розрахункові, для синтезу АБППС можуть бути використані аналітичні моделі математичного програмування. Для пошуку оптимальних рішень розміщення обладнання, визначення його кількості й супутності технологічних маршрутів, а також розподілу виробничої програми по обладнанню можуть бути використані моделі лінійного програмування [3], які базуються на математичних методах, що забезпечують знаходження максимуму чи мінімуму лінійної функції при наявності обмежень на перемінні. Наприклад, визначення номенклатури, кількості обладнання і сукупності технологічних маршрутів можливо цим методом з використанням такої моделі:

Шукаючи перемінні: X_j, a_{il} .

$$\text{Цільова функція: } \sum_{j=1}^L Z_j X_j \rightarrow \min.$$

$$\text{Обмеження: } \sum_{i=1}^L A_i \sum_{l=1}^{L_i} a_{il} x_{il} \leq X_j F_j, n, j=1, L.$$

$$\sum_{l=1}^L a_{il} = 1, x_j \geq 0 \quad x_j \text{ -- ціле, } a_{il} = \{0, 1\}.$$

Розв'язання здійснюють методом віток і обмежень, причому A_{i-l} -ве замовлення $l=1$; j — тип обладнання; il — номер технологічного маршруту для i -ї продукції, $l=1, L$; t/l — час обробки i -ї продукції на j -му обладнанні за l -м маршрутом; F_j — ефективний фонд часу роботи j -го обладнання; η_j — плановий коефіцієнт використання обладнання; a_{il} — приведені витрати на одиницю j -го обладнання; X_j — кількість одиниць j -го обладнання;

$$a_{il} = \begin{cases} 1, \text{ якщо для обробки } i\text{-ї продукції використовується} \\ l\text{-й маршрут} \\ 0 \text{ -- у протилежному напрямку.} \end{cases}$$

Для рішення подібних задач розроблені алгоритми і програмне забезпечення для ЕОМ.

Дослідження АБППС з урахуванням вірогідного характеру процесів можливе за допомогою методів теорії масового обслуговування і теорії сіток масового обслуговування. Касету з

книжними блоками 4, яка надходить на обладнання (агрегат), можна розглядати як заявку, якій потрібно обслуговування. Заявка починає обслуговуватися, як тільки агрегат звільняється. Якщо у момент надходження заявки агрегат зайнятий, вона стає в чергу. Порядок вибору заявок з черги визначається дисципліною обслуговування. Час обслуговування заявок вважається випадковим. Весь виробничий процес моделюється шляхом розгляду процесу проходження заявок по агрегатах



Рис. 1. Схема імітаційного моделювання системи.

АБППС. Сітка масового обслуговування (СІМО) складається із зв'язаних між собою систем масового обслуговування (СМО), які знаходяться у вузлах сітки.

Маршрути руху матеріальних потоків моделюються орієнтовними двигунами. Касети, які зберігаються в накопичувачах, відображаються у вигляді черг. За взаємодією із зовнішнім середовищем СІМО поділяються на розімкнуті та замкнені. Для розімкненої сітки характерною є наявність вхідного та вихідного потоків і вона може бути використана для моделювання АБППС. Замкнена сітка не пов'язана із зовнішнім середовищем, постійна кількість заявок циркулює у ній по замкнених контурах згідно з вірогідною матрицею передач, вона може бути використана АТСС АБППСШКН [5].

Дослідження СІМО за допомогою аналітичних методів дозволяє одержати ряд вірогідних характеристик АБППС: інтенсивність вхідного і вихідного потоків, середні кількості заявок у вузлах і в системі, коефіцієнт вантаження обладнання, вплив на продуктивність таких параметрів АТСС, як кількість касет та ін. [1].

Реальні виробничі системи характеризуються недетермінованістю початкової інформації, наявністю кореляційних зв'язків між великим числом змінних і параметрів. Придатні для практичних розрахунків аналітичні співвідношення вдається одержати лише при таких спрощуючих посилках, які переважно сут-

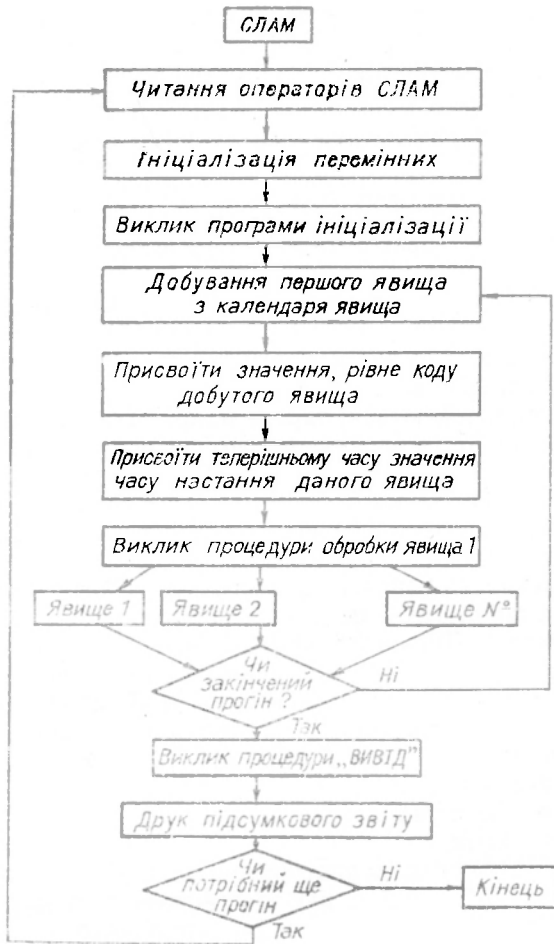


Рис. 2. Блок-схема взаємозв'язку процедур мови і користувача.

тево округляють фактичну картину. Тому практика висуває потребу у більш адекватних методах моделювання АБПІС на ЕОМ — методах імітаційного моделювання.

Імітаційною моделлю називають логіко-математичний опис системи, який може бути досліджений у ході проведення експериментів на цифровій ЕОМ, і який, відповідно, може вважатися лабораторною версією моделюючої системи [4]. Схема імітаційного моделювання наведена на рис. 1. Велике значення має вибір мови імітаційного моделювання. Використання спеціалізованих мов може значно полегшити роботу користувача в методичному та технічному аспектах. З методичної точки зору така мова може забезпечити користувача готовою математичною моделлю, яка формалізована поелементно так, що кожному елементові відповідає певний термін. У технічному плані така мова забезпечує програмну реалізацію, що відповідає кожному терміну процедури. Це дозволяє перейти від програмування в кодах чи операторах програмних засобів загального призначення до значно менш трудомісткого процедурного програмування. Крім цього, такі умови мають достатньо розвинутий сервіс.

Найбільшу універсальність щодо типу моделюючого виробництва мають явищі імітаційні моделі. Зміст явищної моделі у тім, що будь-яка зміна моделюючої системи пов'язана з приходом деякої події. Серед концепцій формалізації надійних моделей, які застосовуються зараз, найбільш широко застосовуються сітки Петрі та їх різноманітні розширення: часові сітки, Е-сітки, ПРО- і КОМБІ-сітки. Розроблена модель АБПІСШКН у вигляді сітки Петрі [3]. Структури типу сітки Петрі закладені також у мові імітаційного моделювання СЛАМ-11. Ця мова є універсальною імітаційною системою, призначеною для моделювання дискретно-неперервних процесів, яка дозволяє реалізувати як надійні, так і процесно-орієнтовані підходи до моделювання систем. Дискретні частини моделюючих процесів подаються в ній у формі подій, а неперервні — рівняннями. У сітках, які моделюються за допомогою цієї мови, використовуються 15 різних типів вершин, за допомогою яких відображаються черги, обслуговуючі пристрої, розгалуження та ін. Дуги сіток моделюють можливі переходи і затримки, які відносяться до переходів. Вершини та дуги мають ознаки, які описуються різними функціями.

СЛАМ-11 пропонує користувачеві ряд підпрограм на алгоритмічній мові ФОРТРАН, які здійснюють такі функції: відлік модельного часу, введення списку запланованих подій, збір статистичних даних, генерацію випадкових величин та ін. Звернення до цих процедур організується з допомогою головної програми, яку користувач повинен написати сам з допомогою термінів СЛАМ. Просування модельного часу, сортування списку і виключення подій, що вже відбулися, здійснюються програмами мови. Взаємозв'язок процедур мови і користувача показу-

ний на рис. 2 [4]. Ця мова може бути використана для моделювання автоматизованих брошурувально-палітурних виробничих систем.

Застосування розгалужених методів дозволить створити машинні моделі автоматизованих брошурувально-палітурних виробничих систем для їх дослідження у різних умовах, визначити і оптимізувати на початкових етапах проектування основні характеристики майбутніх систем, прискорити їх створення і виробниче освоєння.

1. Ганин П. М., Катковник В. Я. Исследование производительности ГПС методами теории сетей массового обслуживания // *Машиноведение*. 1936. № 2. 2. Ефимов М. В., Толстой Г. Д. Автоматизация технологических процессов в полиграфии. М., 1989. 3. Левин Ю. С., Матвеев П. А., Маудрих К.-Д. Производственные процессы в полиграфии: проектирование и расчет. М., 1985. 4. Прицкер А. Введение в имитационное моделирование и язык СЛАМ-11. М., 1987. 5. Смирнов С. А. Автоматизация транспортных операций брошюровочно-переплетного производства при шитье книг нитками // *Полиграфия і видавнича справа*. 1990. № 26. 6. Советов Б. Я., Яковлев С. А. Моделирование систем. М., 1985.

Стаття надійшла до редколегії 31.01.91
