

Отже, для випадку зміни параметра Ерланга K_i на кожній ділянці триверстатної виробничої системи в межах $1 \leq K_i \leq 60$, $i = 1, \dots, 3$ витрати на оброблення однієї заготовки на лінії можна визначити з залежності:

$$Z_o = 5,44175 \cdot \left[K_1^{\ln(K_1^m / K_2^n) - k} \cdot K_2^{\ln(K_2^m / K_3^n) - k} \cdot K_3^{\ln(K_3^m / K_1^n) - k} \right], \quad (7)$$

де $m = 0.01213$, $n = 0.071$, $k = 0.0046$.

Дана математична модель синтезована за допомогою апроксимації більше 2000 отриманих на імітаційній моделі значень цільової функції для вказаних вхідних випадкових факторів K_i з тривалістю моделювання, рівною обробленню 300000 брускових заготовок. На всьому діапазоні проведених експериментів похибка аналітичних розрахунків значення Z_L не перевищує 3 %.

Очевидно, що під час оцінки ефективності функціонування довільної багатостатної виробничої системи з жорстким агрегуванням верстатів більш практичною та точнішою буде модель, в якій крім параметрів Ерланга K_i ($1 \leq K_i \leq 60$, де $i = 1, \dots, 3$) на функцію відгуку відображений вплив величини співвідношення μ_i кожної пари суміжних різнопродуктивних агрегатів, що komponують лінію ($0.5 \leq \mu_i \leq 2.0$, де $i = 1 \dots 2$). Тому, для випадку, коли $K_1 \neq K_2 \neq K_3$ отримаємо:

$$Z_o = e^{\ln(5,13824 \cdot K_1^a \cdot K_2^b \cdot K_3^c \cdot \mu_1^d \cdot \mu_2^k)}, \quad (8)$$

або

$$Z_o = 5,13824 \cdot K_1^a \cdot K_2^b \cdot K_3^c \cdot \mu_1^d \cdot \mu_2^k. \quad (9)$$

де

$$\begin{aligned} a &= \ln(0,942 \cdot K_1^{0,00965} \cdot K_2^{-0,00194}); \\ b &= \ln(0,9383 \cdot K_2^{0,01014} \cdot K_3^{-0,00199} \cdot \mu_1^{-0,01025}); \\ c &= \ln(0,9423 \cdot K_3^{0,00962} \cdot K_1^{-0,00141} \cdot \mu_1^{-0,01712} \cdot \mu_2^{-0,02354}); \\ d &= \ln(1,02612 \cdot K_1^{0,02273} \cdot \mu_1^{0,50708} \cdot \mu_2^{0,55255}); \\ k &= \ln(0,9766 \cdot K_1^{0,01662} \cdot K_2^{0,00977} \cdot \mu_2^{0,50686}). \end{aligned}$$

Для реалізації математичних моделей (8) і (9) за допомогою класичного методу статистичного моделювання на ЕОМ проімітовано більше 16200 імовірнісних станів триверстатної виробничої системи з тривалістю моделювання, тотожною обробленню на лінії 300000 брускових заготовок. Похибка розрахунку величини параметра Z_L в основному становить $\delta \leq 7$ %. Тобто, тільки у випадку $n = 12$ експериментів вона досягала максимального значення 11 %, а для 2,4 % від загальної кількості проведених досліджень ($n = 1620$) точність синтезованих моделей знаходилась в межах 8 – 10 %.

Висновки

1. Синтезовані математичні моделі цільової функції за критерієм мінімуму експлуатаційних витрат Z_L на оброблення брускових заготовок дозволяють розв'язувати завдання проектування оптимального варіанта

структурно-компонувальної схеми побудови трифазних виробничих систем синхронної дії з постійним ритмом роботи.

2. Дані моделі придатні для оцінки ефективності роботи та структурно-параметричної оптимізації вже скомпонованих і реально працюючих на виробництві технологічних ліній і потоків.
3. Представлені моделі дозволяють проводити порівняльну оцінку багатостатних виробничих систем із врахуванням їх характерних детермінованих параметрів та параметрів, що відображають роботу трифазних ліній в умовах стохастичної невизначеності варіювання величини вхідних якісних факторів системи.

Література

1. Г.А. Шаумян. Комплексная автоматизация производственных процессов. – М.: Машиностроение. 1973. – 639 с.
2. Д.Л. Дудюк, Л.Д. Загвойська, В.М. Максимів і ін. Елементи теорії автоматичних ліній. – К.: 1998. – 192 с.
3. А.Г. Загородній, Ю.І. Стадницький. Менеджмент реальних інвестицій. – К.: Знання, 2000. – 209 с.
4. Т.В. Іванишин. Математичні моделі ліній і технологічних потоків виробництва віконних та дверних блоків з жорстким агрегуванням обладнання// Науковий вісник: Збірн. наук.-техн. праць. – Львів: УкрДЛТУ. – 2000, вип. 10.1. – 258-262 с.

УДК 658.527.011.56

Інж. І.Р. Головач – НУ "Львівська політехніка";
асист. М.М. Мусик, Р.Р. Курка – УкрДЛТУ

ЗАСТОСУВАННЯ ДИСКРЕТНОЇ ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СОКОДОБУВНОЇ ДІЛЯНИЦІ ЦУКРОВОГО ЗАВОДУ

Шляхом кібернетичного експерименту досліджено залежність ефективності функціонування ділянки сокодобування від стабільності вхідного потоку сировини та об'єму проміжного накопичувача.

Eng. I. Golovach – NU "Lviv'ska Politekhnik"; M. Mysyk, R. Kurka – USUFWT

Application of the discrete simulation model for an estimation of juice extract efficiency at the sugar factory

By cybernetic experiment the dependence of juice extract efficiency from stability of an input stream of raw material and size of bunkers is researched.

Технологічний процес екстракції (рис. 1) цукру з буряка у похилих дифузійних апаратах (ДА) типу DDS вимагає дотримання безперервної роботи екстрактора. Зупинки транспортних шнеків чи перерви подачі стружки приводять до порушення усталеного протічального процесу, і як наслідок – до зростання вмісту цукру в жомі. Похилі дифузійні апарати працюють ефективно за доброї узгодженості роботи попередніх і наступних станцій цукрового заводу та продуктивності не нижче 85-90 % від номінальної.

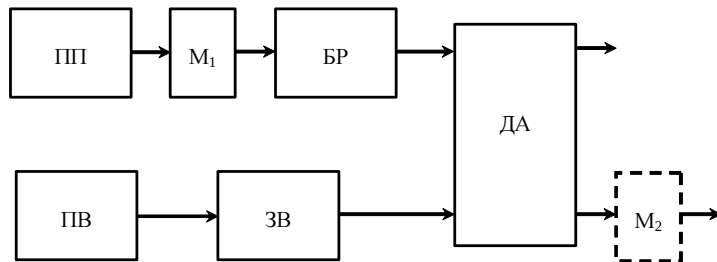


Рис. 1. Структура технологічного процесу екстракції.

У відомих на сьогодні дослідженнях такого технологічного процесу [1,2] основна увага приділяється переважно вивченню фізико-хімічних процесів у дифузійному апараті. Тобто, дослідження проводяться на мікрорівні. Ми ж тут зробили спробу дослідити процес на макрорівні – рівні взаємодії всього обладнання у технологічному потоці.

На рис. 2 приведені залежності зміни в часі фактичної продуктивності бурякорізки, задукоментовані засобами АСУТП, що керує процесом екстракції через кожних 100 с. Приведені на рисунках реалізації вибірок отримані з одного й того технологічного процесу з інтервалом у декілька днів. Ще до будь-якого оброблення цих даних можна зробити висновок, що розсіювання величини фактичної продуктивності, яке залишається у фіксованому діапазоні досить тривалий час, обов'язково збільшується зі збільшенням тривалості інтервалу збору даних. Поряд з цим, реєстрація продуктивності через кожних 100 с істотно згладжує її фактичну мінливість. Це означає, що величина фактичної продуктивності є випадковою і нестабільною в часі. Така поведінка фактичної продуктивності зумовлена змінами у режимах роботи технологічного обладнання та змінами якісних показників сировини. Вже навіть дві, приведені тут, реалізації випадкового процесу зміни продуктивності дають підстави висунути гіпотези про стохастичний характер досліджуваного процесу та нестаціонарність закону розподілу, яким можна було б описати ці реалізації (рис. 2б, 2г), за умови, що цей процес не буде ідеалізовуватись застосуванням "ревізії" вибірок із вилученням "промахів". Ідеалізації реалізацій необхідно уникнути щонайменше з двох причин:

- вони відображають реальне протікання технологічного процесу;
- протягом всього часу спостережень параметри АСУТП жодного разу не змінювались.

Останнє означає відсутність у вибірках хибних значень чи "промахів". Таке припущення суттєво ускладнює ідентифікацію закону розподілу.

Окрім того, у нашому випадку маємо справу з неперервним процесом, перетвореним у дискретний з метою оброблення на ЕОМ, що приводить до того, що до загальної похибки оцінки основних параметрів вибірки, окрім похибки, зумовленої обмеженням часу усереднення, додається ще похибка від дискретизації процесу за часом. Частина інформації про процес за такого оброблення втрачається [3]. У результаті квантування за рівнем дисперсія оцінки ще більше зростає, збільшується і зміщення цієї оцінки.

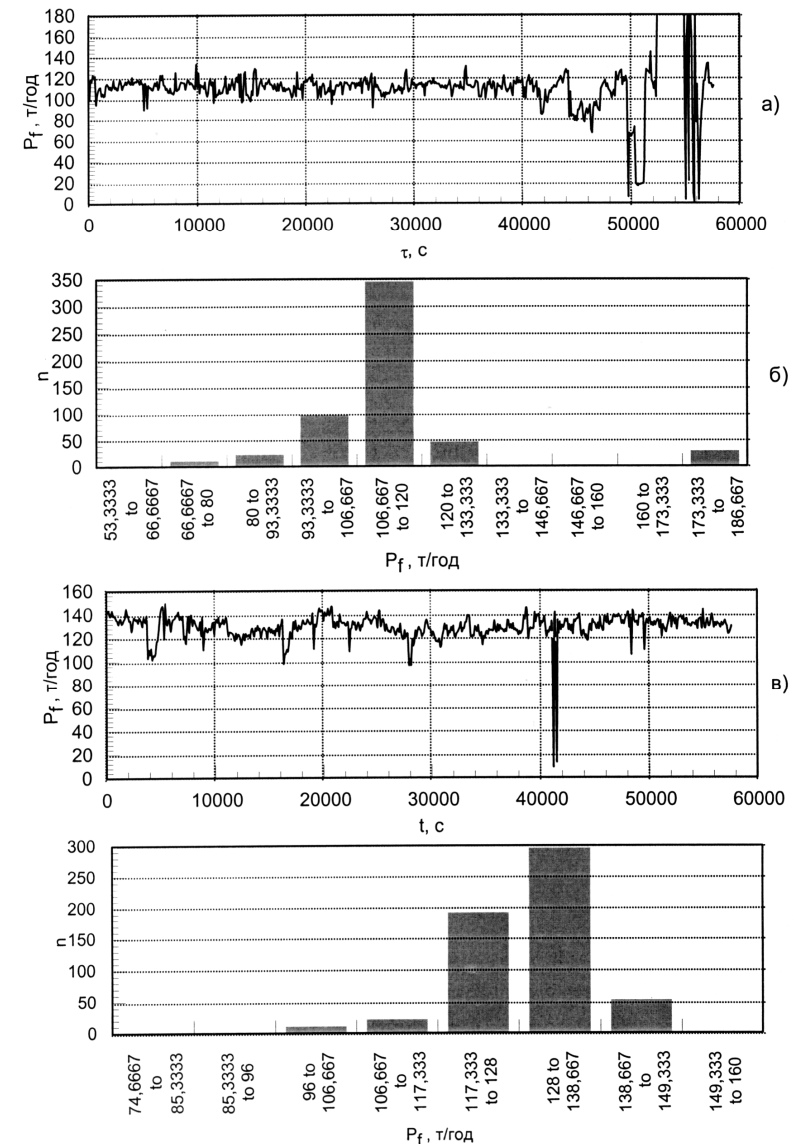


Рис. 2. Зміна в часі фактичної продуктивності бурякорізки, задукоментована засобами АСУТП та гістограми розподілу її частот

Таким чином, при обчисленні ймовірнісних характеристик у реальних умовах, їх оцінки можуть значно відрізнятися від істинних значень. У нашому випадку повинна враховуватись ще й ця обставина. Для процесів зі скінченним інтервалом частот вплив дискретизації повинен бути скоректований за допомогою поправок Шеппарда [3].

Тому у визначенні статистичних характеристик обмежимося тільки середнім значенням та коефіцієнтом стабільності $K = \bar{p}^2 / D$ (або коефіцієнтом варіації $v = \sqrt{D/\bar{p}} = 1/\sqrt{K}$), не висуваючи жодних гіпотез щодо виду закону розподілу досліджуваного параметра [4].

Розглянемо дільницю процесу "пристрій подачі сировини-накопичувач-буракорізка" (рис. 1). Таку дільницю можна представити як насичену систему масового обслуговування [5, 6] (СМО) з послідовними апаратами обслуговування (рис. 3). Характеристики апаратів обслуговування – інтенсивність і стабільність обслуговування вже визначені вище. Застосування насиченої СМО дає змогу абстрагуватись від параметрів потоку сировини, яка надходить на виробництво. Це не є метою дослідження – вважаємо, що сировина є завжди та у достатній кількості.

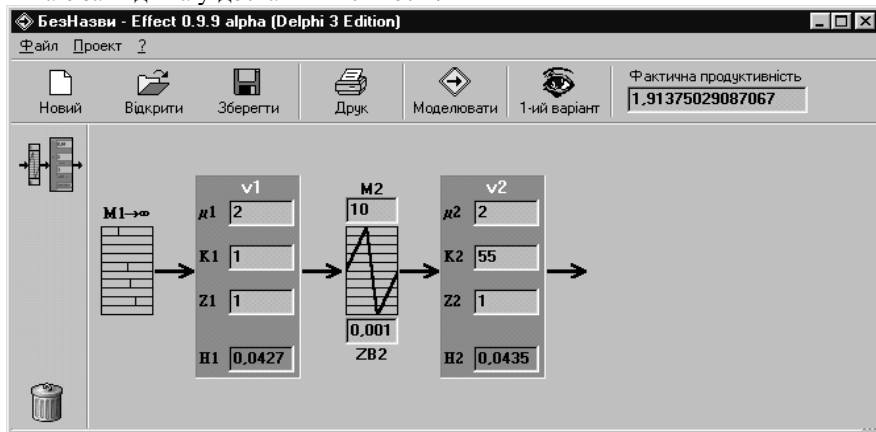


Рис. 3. Модель ділянки технологічного процесу екстракції у термінах ТМО (вікно програми імітаційного моделювання). V_1 – пристрій подачі, V_2 – буракорізка, M_2 – проміжний накопичувач

Можливість такого опису досліджуваного процесу перевіримо на імітаційній моделі (ІМ), алгоритм роботи якої реалізований за принципом зміни стану фаз [7]. Зазначена ІМ розроблялась для вивчення дискретних технологічних процесів, але, оскільки початкова інформація про досліджуваний процес вже представлена у дискретизованій за часом і амплітудою формі, то застосування дискретної ІМ є цілком правомірним. Окрім того, такий підхід, за даними літературних джерел [8], вже застосовувався для моделювання процесу очищення соку, який теж є неперервним. Тому на імітаційній моделі відтворено проходження сировини від пристрою подачі через проміжний накопичувач до буракорізки з дискретністю 1 тонна (це навіть менше, ніж інтервал дискретизації, що застосовує штатна АСУТП).

Дослідження на ІМ проведене для двох варіантів зміни параметрів досліджуваної дільниці:

- за фіксованої стабільності вхідного потоку змінюється ємність накопичувача;
- за фіксованої ємності накопичувача змінюється стабільність вхідного потоку.

В обох випадках вихідним параметром моделювання є фактична продуктивність ділянки. Графічна інтерпретація результатів імітаційного експерименту приведена на рис. 4. Як видно з рис. 4, за "песимістичного" припущення щодо стабільності вхідного потоку – можливості його опису експоненційним розподілом ($K_1=v_1=1$), фактична продуктивність досягає рівня номінальної (розрахункової) за умови, що ємність накопичувача не менша 80 т. Саме така ємність найчастіше застосовується на виробництві. Отже, маємо цілковите співпадіння результатів імітаційного моделювання і параметрів реального технологічного процесу, що дозволяє зробити попередній висновок про коректність прийнятих спрощень і припущень у процесі розроблення моделі, та дозволяє подальші експерименти на ній.

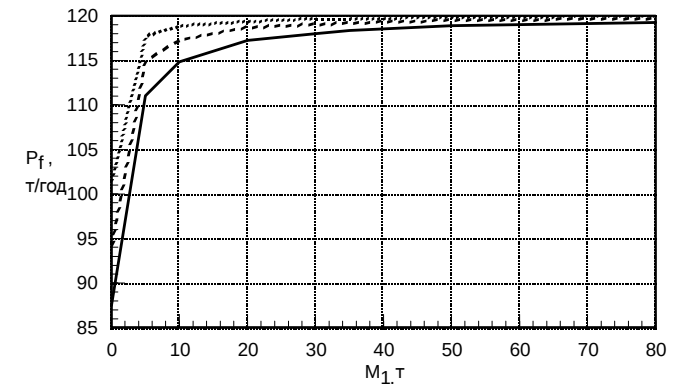


Рис. 4. Залежність фактичної продуктивності ділянки технологічного процесу від ємності накопичувача для різних значень коефіцієнта стабільності потоку сировини

Як показують висліди ІМ (рис. 4), навіть незначне впорядкування процесу надходження сировини – збільшення стабільності вхідного потоку, дозволяє досягнення розрахункової продуктивності ділянки за значно менших ємностей накопичувача. Аналогічні результати відомі з теорії автоматичних ліній (ТАЛ) для випадку дільниці АЛ з двох послідовних верстатів однакової продуктивності [7]. Тому для визначення ефективності функціонування досліджуваної дільниці можна спробувати застосувати емпіричні залежності ТАЛ [7,9]:

- коефіцієнт використання робочого часу обладнання

$$\rho_1 = \rho_2 = \rho = \frac{3K_e^x - 1}{3K_e^x}, \quad (1)$$

де K_e – еквівалентний коефіцієнт стабільності $K_e = 2K_1K_2/(K_1 + K_2)$,

$$x = \begin{cases} 0,34; & 1 \leq K_e \leq 17, \\ 0,38; & 17 < K_e \leq 70. \end{cases}$$

Тоді фактична продуктивність дільниці $P_f = P_H \rho$.

Обчислення за виразом (1) забезпечують відхилення від результатів (IM) не більше 2,4 %, що дозволяє їх застосування для оцінки ефективності функціонування ділянки технологічного процесу екстракції цукру з буряка.

Література

1. Лысянский В.М. Процесс экстракции сахара из свеклы. Теория и расчет. – М.: Пищевая пром-сть, 1973. – 223 с.
2. Aksel Fons Johnsen, Jesper Thomassen. New principles to improve the quality of cosets and the efficiency with DDS diffusers// Zuckerind. 115 (1990) №3, pP. 190-195.
3. Гайдукевич В.И., Мельникова А.А. Вероятностная обработка осциллограмм электрических величин. – М.: Энергия, 1972.
4. Максимів В.М., Сорока Л.Я., Криштанович В.І., Курка Р.Р. Оцінка стабільності операцій у деревооброблювальній галузі// Науковий вісник: Збірн. наук.-техн. праць. – Львів: УкрДЛТУ. – 2002, вип. 12.2 – С. 226-229.
5. Вентцель Е.С. Исследование операций: задачи, принципы, методология. – М.: Наука, 1980. – 208 с.
6. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Прикладные задачи теории вероятностей. – М.: Радио и связь, 1983. – 416 с.
7. Дудюк Д.Л., Загвойська Л.Д., Максимів В.М., Сорока Л.Я. Елементи теорії автоматичних ліній. – Київ-Львів: ІЗМН, – 1998. – 192 с.
8. Приккер А. Введение в имитационное моделирование и язык СЛАМ II: Пер. с англ. – М.: Мир, 1987. – 646 с.
9. Мисик М. Розробка інструментальних засобів для оцінки ефективності функціонування автоматизованих ліній// Науковий вісник: Збірн. наук.-техн. праць. – Львів: УкрДЛТУ. – 1999, вип. 9.6. – С. 170-172.

ДО ВІДОМА АВТОРІВ СТАТЕЙ

При підготовці статей для науково-технічного журналу "Науковий вісник" радимо авторам дотримуватись таких рекомендацій.

Автор поданої до друку статті повинен чітко уявити коло читачів, на яке він розраховує. Рекомендуємо дотримуватись деяких загальних правил побудови науково-технічної статті: чітко і зрозуміло сформулювати постановку задачі; доступно викласти методику її розв'язання; зробити висновки – науковцям або дати практичні рекомендації – виробникам. Наукова праця повинна містити необхідні характеристики описаних конструкцій чи схем, але в ній не має бути ні зайвого опису історії питання, ні відомих з підручників ілюстрацій, даних, математичних викладок.

Текст статті обсягом 5-8 сторінок необхідно подавати українською чи будь-якою іншою мовою, друкувати на папері формату А4 за допомогою комп'ютера у редакторі MS Word (шрифт – Times New Roman, розмір – 14 points, рядки – через 1.5 інтервали, поля – 2 см по периметру) без присвоєння жодних стилів і оформляти в такій послідовності. На початку статті **ОБОБ'ЯЗКОВО** проставляється індекс УДК (Універсальної десятикової класифікації), в заголовку українською мовою вказуються: вчене звання, ініціали і прізвище автора (або авторів), науковий ступінь, скорочена назва закладу, в якому виконана робота, назва статті, анотація та ключові слова. Далі – англійською мовою: ініціали і прізвище автора (або авторів), скорочена назва закладу, в якому виконана робота, назва статті, анотація та ключові слова.

Сторінки рукопису нумеруються, а на полях олівцем вказуються місця ілюстрацій і таблиць, якщо останні додаються до статті на окремих аркушах. Особливу увагу необхідно звернути на акуратний набір формул, індексів і показників, з використанням можливостей редактора MS Equation.

При підготовці рукопису необхідно користуватися науково-технічними термінами відповідно до діючих стандартів на термінологію, наведений матеріал не повинен дублювати таблиці. Скорочення слів, імен, назв у тексті статті не допускаються. Можливе використання тільки загальноприйнятих скорочень – мір (тільки після цифр), хімічних, фізичних і математичних величин. Назви установ, підприємств, марки механізмів і т.д., що згадуються в тексті статті вперше, необхідно писати повністю (вказуючи в дужках скорочену назву); надалі ця назва може зустрічатися у скороченому вигляді.

У таблицях необхідно точно вказувати одиниці фізичних величин, у назвах граф слова скорочувати небажано. Таблиці необхідно виконувати переважно вздовж листа з максимальною насиченістю інформації в рядках. Надто громіздких таблиць складати не рекомендується.

Ілюстрації (фотографії та рисунки) до статті подаються в одному примірнику. Фотографії повинні бути контрастні, розміром не менше 9х12 см, рисунки – розміром не більше стандартного листка, виконані чорною тушшю пером на якісному папері. Допускається подання рисунків у форматі *.cdr (редактор CorelDRAW), у форматі *.tif або *.jpg (редактор PhotoShop, 300 dpi, b/w або