

ПАРАДИГМА МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ ОБРОБЛЕННЯ ДЕРЕВИНИ

© Загвойська Л., 2006

Викладено теоретико-методологічні підходи і рекомендації щодо моделювання процесу функціонування технологічної системи оброблення деревини, які адекватно відображають імовірнісну природу досліджуваного процесу. Наведено аналітичні співвідношення і графічні залежності, отримані з використанням реляційних СУБД і табличного процесора Excel, дають змогу прогнозувати ефективність використання систем обладнання та приймати оптимальні рішення щодо їхнього менеджменту.

Theoretical approaches and recommendations regarding functioning wood processing manufacture systems modeling are considered. These findings were synthesized using relational database system management and spreadsheet Excel and they adequately reflect stochastic nature of the investigating processes. Given analytical correlations and graphical relations let predict facility systems performance and support decision-making process.

Вступ

Найважливішою особливістю розвитку економіки України на сучасному етапі є те, що процеси ринкової трансформації та відновлення раніше досягнутого статусу індустріально розвиненої країни збіглися у часі з процесами глобалізації, інформатизації та екологізації. Зміна економічної парадигми у відповідь на виклики сталого розвитку спонукає до більш критичного аналізу результатів господарювання економічних об'єктів, який необхідно проводити водночас у двох площинах – економічній і довкілній, досягаючи раціонального використання як виробничих, так і природних ресурсів. Предметом особливого розгляду має стати проблема ефективного використання технологічних систем як ресурсу, на виробництво якого вже витрачено чимало природних та виробничих ресурсів. Удосконалення виробничого менеджменту підприємств дасть змогу підвищити еко-ефективність їхньої діяльності [9] за короткий термін з порівняно невеликими витратами інвестиційних ресурсів. Вирішальною умовою досягнення цих якісних зрушень є формування і застосування адекватного формального апарату – економіко-математичних методів і моделей для аналізу й оптимізації оперативного управління використанням виробничих ресурсів.

Постановка задачі

В індустріальному суспільстві технологічні системи – “це складні й динамічні системи, в яких об'єднані в єдиний комплекс обладнання, засоби контролю й управління, допоміжні і транспортні засоби, об'єкти виробництва і, нарешті, люди, які реалізують технологічний процес і керують ним” [8, с. 20]. У сучасних підходах до організації виробництва у просторі та часі ці системи розглядаються як ідеальні, детерміновані [6, 7], тому існуючі підходи до організації виробництва дають змогу досягти лише локального оптимуму.

Зрозуміло, що деревообробне, як і будь-яке інше виробництво, не можна розглядати як детермінований процес. Більше того, висока мінливість самого предмета праці – деревини, яка є полімером природного походження з яскраво вираженою анізотропією фізичних властивостей навіть у заготовках невеликих об'ємів, – спричиняє варіативність тривалості виконання технологічних операцій та умов їх перебігу. Ця особливість значно посилює збурювальні процеси, які відбуваються у технологічних системах через ненадійність роботи обладнання, невідповідність

дій робітників, помилки в організації виробничого процесу. Ігнорування особливостей технологічних процесів, предмета праці, обладнання і систем керування призводить до серйозних прорахунків у процесі проектування та організації деревообробного виробництва, що й спричиняє неефективне використання виробничих ресурсів галузевих підприємств.

Започаткований у фундаментальних роботах Л. Канторовича ще в 30-ті роки минулого сторіччя [4], цей напрям досліджень бурхливо розвивався і, як зазначає А. Первозванский [5], став домінуючим напрямом економічної теорії загалом. Теоретичні і методологічні аспекти моделювання економічних об'єктів висвітлено у працях Р. Аллена, К. Арроу, М. Бусленка, О. Вентцель, А. Владзієвського, В. Геєця, С. Діордіци, Ю. Іванілова, Е. Кенігсберга, І. Ляшенка, В. Ситника, Є. Слущького, П. Цьомпи, Р. Шеннона, Я. Яснопольського та ін. Задачі оптимізації оперативного управління розглянуто в працях І. Бузаккота, С. Гершвіна, В. Михалевича, К. Окамури, В. Шкурби, Х. Ямашини. Питаннями моделювання технологічних систем деревообробних підприємств займалися І. Батін, Д. Дудюк, Х. Каріно, В. Максимів, Л. Хетемякі, І. Турлай та ін.

Незважаючи на значний науковий доробок у цій галузі знань, деякі завдання виробничого менеджменту деревообробних підприємств все ще не вирішено. Зокрема, немає теоретичного обґрунтування застосування непуассонівських розподілів для моделювання систем масового обслуговування деревообробного виробництва, не досліджено закономірності формування параметрів цих розподілів. Ці питання розглянуто у цій статті.

Методика досліджень

Для вирішення поставлених завдань насамперед ми вивчали вітчизняний і зарубіжний досвід з питань моделювання технологічних систем загалом та підходи до моделювання процесів функціонування систем обладнання зокрема. Формалізацією досліджуваних процесів, для якої було використано кібернетичний підхід, можна побудувати концептуальну модель операційних тактів поточкових ліній. Застосування апарату теорії ймовірностей, математичної статистики та імітаційного моделювання дало змогу побудувати математичну модель, оцінити, а відтак і перевірити її параметри, визначити умови застосування отриманої моделі. Проведення досліджень, синтезування дискретних стохастичних імітаційних моделей, власне моделювання, опрацювання отриманих результатів, перевірка адекватності математичних моделей емпіричним даним за критерієм узгодження χ^2 Пірсона, а також порівняння отриманих результатів із напрацюваннями інших наукових шкіл дали змогу підтвердити адекватність отриманих результатів.

Результати досліджень

Результати аналізу виробничої поведінки деревообробних підприємств Львівщини для декількох короткострокових періодів [3], а саме 1997 та 2000 років, засвідчують, що еластичність випуску за капіталом (α) значно нижча за еластичність випуску за працею (β): $\alpha_{1997} = 0,12$; $\beta_{1997} = 0,69$; $\alpha_{2000} = 0,45$; $\beta_{2000} = 0,86$. На істотні недоліки у використанні основних засобів галузевих підприємств у період стабільного розвитку економіки вказують результати проведеного нами ретроспективного аналізу. Порівняння коефіцієнтів еластичності продуктивності праці за фондоозброєністю для народного господарства України загалом, машинобудування і деревообробного виробництва зокрема за період 1975–1993 років (рис. 1), дає змогу зробити висновок про стійку тенденцію до зниження показників ефективності використання основних засобів, яка простежувалася впродовж 70–90-х років у деревообробному виробництві, тоді як у машинобудуванні вона з'явилася лише в середині 80-х.

Однією з найбільш важливих причин низької ефективності використання виробничого потенціалу є ігнорування особливостей деревообробного виробництва як на етапі проектування систем обладнання, так і в процесі їхнього функціонування. Біологічне походження предметів праці, їхній філогенез та онтогенез, особливості технологічного процесу та його організації, а також самого технологічного обладнання зумовлюють суттєву іррегулярність не лише на первинному рівні – морфологічному, але й на вторинному – технологічному.

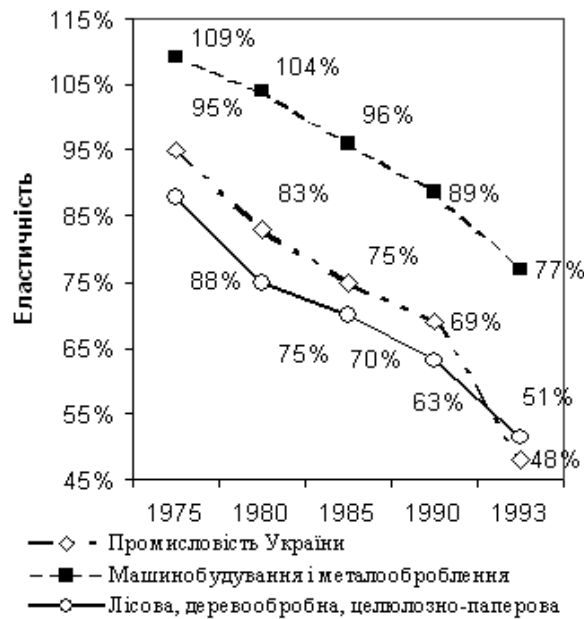


Рис. 1. Динаміка еластичності продуктивності праці за фондоозброєністю

В основу моделювання процесу функціонування технологічних систем покладено комп'ютерну імітацію випадкових подій, у нашому випадку – визначення тривалості тактів поточкових ліній та операційних тактів. Оскільки операційні такти мають характерні властивості випадкових величин, описувати їх потрібно не лише середніми значеннями і дисперсією, але й розподілами ймовірностей. Тому для побудови адекватної математичної моделі такту лінії необхідно ідентифікувати ймовірнісний розподіл і дослідити взаємодію часових елементів окремих технологічних операцій та операційних тактів, їх взаємний вплив, що дасть змогу встановити закономірності формування закону розподілу загальної тривалості, її математичного сподівання, дисперсії та інших потрібних параметрів за відомих характеристик складових елементів (рис. 2).



Рис. 2. Формальна схема утворення моделі операційних тактів

Наші дослідження [1, 2] та дослідження багатьох авторів у різних галузях промисловості [10] переконливо засвідчують, що тривалості технологічних операцій та їхніх елементів як стохастичні величини добре описуються узагальненою моделлю розподілу Ерланга. Граничними розподілами для нього, а також для реальних часових інтервалів у деревообробному виробництві є експоненційний і вироджений розподіли (рис. 3).

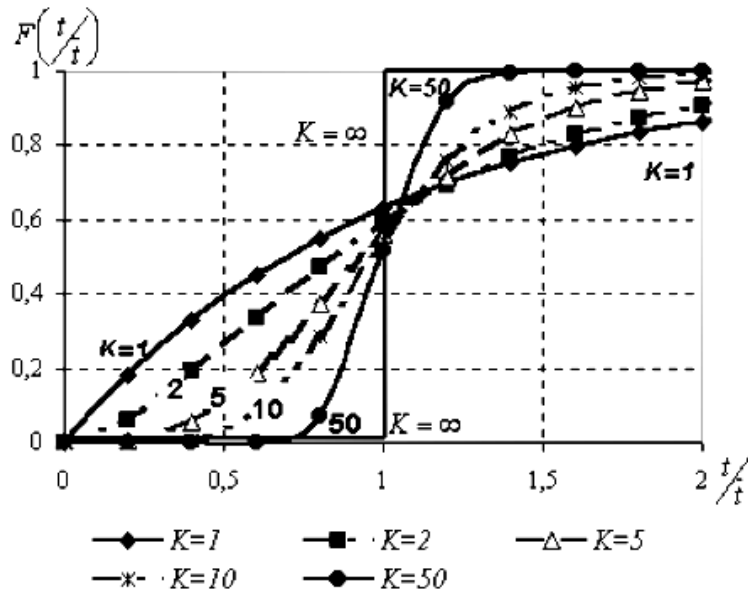


Рис. 3. Функція розподілу Ерланга для відносної величини тривалості операційних тактів t/\bar{t}

Можна довести [2], що тривалість такту (t_T) як лінійна функція від n незалежних параметрів (тривалостей окремих елементів такту), детермінованих (t_0) або випадкових (t_i) з ерлангівським чи експонентним розподілом, адекватно описується узагальненим розподілом Ерланга

$$F(t) = p\{t_T < t\} = 1 - e^{-\frac{K_T t}{m_T}} \sum_{i=0}^{K_T-1} \frac{\left(\frac{K_T t}{m_T}\right)^i}{i!} \quad (1)$$

з параметрами:

- математичне сподівання тривалості такту

$$m_T = \sum_{i=1}^n m_{t_i} + t_0, \quad (2)$$

- дисперсія тривалості такту

$$D_T = \sum_{i=1}^n D_{t_i}, \quad (3)$$

- параметр Ерланга

$$K_T = \frac{m_T^2}{D_T} = \frac{\left(\sum_{i=1}^n m_{t_i} + t_0\right)^2}{\sum_{i=1}^n D_{t_i}}, \quad (4)$$

де m_{t_i} і D_{t_i} – відповідно математичне сподівання і дисперсія i -х елементів.

Отже, математичною моделлю тривалості операційного такту ліній, яка адекватно описує процес функціонування деревообробних машин і взаємодії незалежних складових елементів часу: основного, допоміжного, регламентованих і нерегламентованих перерв, постійних або розподілених за законом Ерланга чи експоненційним, які утворюють такти поточкових ліній та операційні такти, є узагальнена модель Ерланга з відповідними статистичними параметрами.

Зупинимося тепер на дослідженні закономірностей формування основних характеристик цього розподілу, тобто параметра Ерланга і середньої тривалості тактів [1]. Як показали результати імітаційного моделювання, значення параметра Ерланга як для тактів поточкових ліній, так і для

операційних тактів у випадку об'єднання декількох операцій чи їхніх елементів зростає. Найбільшої величини цього параметра досягнуто за умови об'єднання часових елементів з однаковими середніми тривалостями і параметрами Ерланга. Тоді параметр Ерланга для такту сягає суми значень відповідних параметрів усіх його складових. Значення параметра Ерланга усереднюється, коли згадані характеристики складових елементів помітно відрізняються.

Для обладнання, яке працює з відмовами, дисперсія тривалості тактів зростає значно інтенсивніше, ніж їхня середня тривалість, оскільки втрати робочого часу на регламентовані і нерегламентовані перерви проявляють свою збурювальну дію лише в окремих тактах. Це призводить до значного зменшення величини параметра Ерланга, який описується залежністю:

$$K_T = \frac{\bar{t}_T^{-2}}{D_T} = \frac{\bar{t}^{-2}/K_G^2}{D + \bar{t}(2\bar{t}_H - \bar{t})(K_G^{-1} - 1)^2} = \left[\frac{K_G^2}{K} + \left(2\frac{\bar{t}_H}{\bar{t}} - 1\right)(1 - K_G)^2 \right]^{-1}, \quad (5)$$

де \bar{t}_T, \bar{t}_H – відповідно середня тривалість такту і середній час напрацювання; K_G – коефіцієнт, який характеризує готовність обладнання і визначається як відношення часу напрацювання до суми часу напрацювання і відновлення; \bar{t}, D і K – відповідно середня тривалість такту, її дисперсія і параметр Ерланга для абсолютно надійного обладнання ($K_G = 1$).

На основі співвідношення (5) можна показати, що величина параметра Ерланга такту залежить насамперед від параметра Ерланга часу роботи обладнання і коефіцієнта K_G для цього обладнання. Отже, надійність робочих машин має велике значення для ефективного використання не лише їх самих, але й суміжного обладнання, тому її необхідно враховувати у процесі моделювання.

Опрацьовані методами математичної статистики результати фотохронометражних спостережень за трьома десятками типових технологічних операцій деревообробного виробництва підтвердили коректність проведених теоретичних досліджень [1]. Адекватність математичних моделей емпіричним даним підтверджень критерієм узгодження χ^2 Пірсона. Виявлено, що тривалість цих операцій адекватно описується узагальненим розподілом Ерланга, а параметр Ерланга набуває значення з інтервалу [1, с. 200].

Для апробації алгоритмів моделювання і перевірки отриманих аналітичних залежностей було побудовано дискретну стохастичну імітаційну модель процесу функціонування ненадійного обладнання і складено план проведення експериментів. Результати моделювання засвідчили, що середня тривалість такту визначається лише середнім часом роботи обладнання та його коефіцієнтом готовності.

На дисперсію тактів помітно впливає тривалість часу напрацювання і відновлення функціональних можливостей обладнання. Порівняно невелике зниження коефіцієнта готовності робочих машин (з 0,90 до 0,80–0,75) спричиняє істотне зростання (у 4–6 разів) дисперсії тривалостей тактів. Відповідно у стільки ж разів знижується параметр Ерланга. Інтенсивність цих змін особливо зростає зі збільшенням відносної величини часу відновлення.

Тому адекватний аналітичний опис розподілу ймовірностей тривалості тактів за моделлю Ерланга можливий лише за умови, що надійність робочих машин не опускається нижче певного граничного рівня і стандартне відхилення тривалості тактів не перевищує його середнього значення. Такому граничному рівневі надійності відповідає коефіцієнт готовності в межах 0,75–0,90.

На підставі детального аналізу результатів теоретичних досліджень та спостережень за технологічними процесами ми дійшли висновку, що математичною моделлю, яка достатньо точно й адекватно описує процес функціонування виробничих систем деревообробного виробництва, є багатofазна узагальнена ерлангівська система масового обслуговування з параметром Ерланга $1 \leq K \leq 150$. Вона адекватно описує процеси різної природи – від суто випадкових до детермінованих, які характерні як для деревообробного виробництва, так і для машинобудування.

Необхідними і достатніми параметрами для повного та однозначного математичного опису операційних тактів в деревообробному виробництві, як бачимо, є середня тривалість інтервалу \bar{t} і параметр його стабільності – параметр Ерланга K , або коефіцієнт варіації v . Такий математичний опис дає змогу вирішувати важливі техніко-економічні завдання планування, моделювання, проектування, організації та керування в галузі з метою найефективнішого використання технологічного обладнання в конкретних виробничих умовах.

Частковими наближеними математичними моделями окремих ділянок, потоків і виробництв можуть бути системи обслуговування з простими потоками предметів праці та експоненціальним часом обслуговування. Наші висновки узгоджуються також з результатами подібних і близьких до них досліджень у багатьох зарубіжних країнах – Англії, Білорусії, Німеччині, Росії, США, Японії та інших [11].

Отримані теоретичні висновки, аналітичні співвідношення і графічні залежності, а також методичні рекомендації дають можливість порівняно просто, зручно і достовірно обчислювати параметри розподілу операційних тактів за відповідними характеристиками складових елементів часу роботи, а також оцінити допустимі умови адекватного опису тривалості операційних тактів моделлю Ерланга. Достовірність аналітичних співвідношень підтверджено результатами імітаційного моделювання. Викладені тут закономірності дають можливість проводити математичний опис, аналітичне та імітаційне моделювання тривалості технологічних операцій та відповідних операційних тактів для достовірної оцінки ефективності використання технологічного обладнання в поточкових лініях деревообробного виробництва, а відтак пошуку шляхів її підвищення [1, 12].

Висновки

Відсутність робастних методів організації виробництва у просторі і часі, за допомогою яких можна було б враховувати вплив цих випадкових чинників на перебіг технологічних процесів, особливо відчутна сьогодні, коли галузь, яка має чи не найвищу частку підприємств зі зміненою формою власності, стоїть на порозі етапу активізації інноваційної та інвестиційної діяльності. Викладені у статті теоретико-методологічні підходи і рекомендації щодо моделювання процесів функціонування технологічних систем, які адекватно відображають імовірнісну природу процесів функціонування систем обладнання, підсилену впливом людського чинника, дають змогу підвищити ефективність процесу проектування технологічних систем і поточкових ліній, комплексно аналізувати і прогнозувати ефективність використання технологічного обладнання як системи, а отже, схвалювати виражені управлінські рішення як щодо компонування наявного обладнання, так і щодо ефективного вкладення коштів в оновлення основного капіталу.

1. Дудюк Д.Л., Загвойська Л.Д. Оцінка й елімінування втрат робочого часу в автоматизованих системах деревообробного виробництва. – Львів: Панорама, 2003. – 140 с. 2. Загвойська Л.Д. Дослідження стабільності виробничих систем з паралельними і послідовними зв'язками структурних підрозділів // Науковий вісник: Зб. наук.-техн. праць. – Львів: УкрДЛТУ, 1999. – Вип. 9.11. – С. 220–228. 3. Загвойська Л.Д. Економетричні принципи аналізу виробничої поведінки деревообробних підприємств Львівщини // Вісн. Львів. комерційної академії. – 2002. – Вип. 12. – С. 282–286. 4. Канторович Л.В. Математические методы организации и планирования производства. – Л.: ЛГУ, 1939. 5. Первозванский А.А. Математические модели в управлении производством. – М.: Наука, 1975. – 616 с. 6. Плоткін Я.Д., Пащенко І.Н. Виробничий менеджмент: Зб. вправ: Навч. посібник. – Львів: Держ. ун-т “Львівська політехніка” (Інформаційно-видавничий центр “Інтелект+” Інституту підвищення кваліфікації та перепідготовки кадрів), 1999. – 258 с. 7. Соминский В.С. Организация и оперативное управление предприятиями целлюлозно-бумажной и деревообрабатывающей промышленности. – М.: Лесн. пром-сть, 1989. – 386 с. 8. Технология и автоматизация производства радиоэлектронной аппаратуры / Под ред. П. Достанко и Ш. Чабдарова. – М.: Радио и связь, 1989. – 624 с. 9. Di Cristofaro E., Trucco P., Eco-efficienza. Metodologie, strumenti casi di successo. – Milano: Guerini e Associati, 2002. – 477 p. 10. Koenigsberg, E. Production

Lines and Internal Storage // Management Science. – 1956. – 5. – 410 p. 11. Okamura, K., Yamashina, H. Computer simulation of the fact of buffer storage capacity in transfer line systems // Japanese Journal of Precision Engineering. – 1977. – Vol. 43. 12. Zahvoyska, L. Improvement Design and Management of Wood Processing Manufacture Systems Proceedings of the 7th International Symposium on Operational Research in Slovenia. L.Zadnik-Shtirn, V.Bastic and S.Drobne (Eds.). – Ljubljana: MIGRAF, 2005. – P. 397–403.

УДК 681.3:551.568.85:539.3

П. Сопрунюк, В. Юзевич

Фізико-механічний інститут ім. Г. Карпенка НАН України, Львів

МОДЕЛЮВАННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ЕФЕКТІВ ПРИ ВЗАЄМОДІЇ ОПТИЧНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ З ПОРОШКОВИМИ МАТЕРІАЛАМИ

© Сопрунюк П., Юзевич В., 2006

Із застосуванням методів теорії розсіяння електромагнітного випромінювання, термодинамічного підходу і методу розкладу параметрів стану за малим параметром запропоновано математичну модель для дослідження взаємодії оптичного випромінювання з поверхневими шарами сферичних частинок, а також системи довгих циліндричних стрижнів, які є елементами порошкових матеріалів.

With use of methods of the theory of dispersion of electromagnetic radiation, the thermodynamic approach and a method of decomposition of parameters of a condition on small parameter it is offered mathematical model for research of interaction of optical radiation with surface layers of spherical particles, and also systems of long cylindrical cores which are elements of powder materials.

Вступ

Серед пристроїв, які використовують для вивчення змін дисперсного складу порошкових матеріалів у процесі спікання, важливе місце належить оптичним [1]. Відповідні існуючі методи оптики та фізики твердого тіла досить загальні і недостатньо конкретизовані, громіздкі та забезпечені неповною інформацією [1–3].

Крім того, теоретичні основи застосування оптичних пристроїв до зондування поверхні дрібнодисперсних порошкових матеріалів недостатньо розвинуті. Для опису фізичних процесів, які супроводжують відбивання електромагнітного променя оптичного чи інфрачервоного діапазону від поверхні дрібнодисперсного твердого тіла, використаємо макроскопічні підходи [2,4].

Розглядаємо поверхню порошкових матеріалів, які представляють систему сферичних частинок, а також систему довгих паралельних циліндрів, з показником заломлення, що може відрізнятися від усередненого показника заломлення плоскопаралельної пластини великого розміру. Відмінності виникають за рахунок дефектів структури і перерозподілу електронів провідності та механічних напружень у поверхневих шарах.

У науковому та інформаційному планах для розрахунку змін геометричних профілів поверхневих шарів порошкових матеріалів у процесі спікання треба проаналізувати результати застосування методу розкладу параметрів локального стану в ряди за малим параметром та визначити особливості змін функцій стану.