

$$I_1(\zeta) = w(\zeta)S'(\zeta) + \frac{1}{2\pi i} \int \left(\frac{\bar{b}_n}{\sigma^n} + \frac{\bar{b}_{n-1}}{\sigma^{n-1}} + \dots + \frac{\bar{b}_1}{\sigma} \right) S'(\sigma) \frac{d\sigma}{\sigma - \zeta},$$

оскільки $w(\zeta)$ є аналітичною у крузі функцією. Для підінтегральної функції справедлива формула:

$$\left(\frac{\bar{b}_n}{\sigma^n} + \frac{\bar{b}_{n-1}}{\sigma^{n-1}} + \dots + \frac{\bar{b}_1}{\sigma} \right) S'(\sigma) = S'(\sigma) + \left(\frac{g_n}{\sigma^n} + \frac{g_{n-1}}{\sigma^{n-1}} + \dots + \frac{g_1}{\sigma} \right),$$

де: $g_1, g_2, \dots, g_n$ – деякі сталі;

$$S'(\sigma) = \bar{b}_1 S'_{n-1} \sigma^{n-2} + (\bar{b}_1 S'_{n-2} + \bar{b}_2 S'_{n-1}) \sigma^{n-3} + \dots + (\bar{b}_1 S'_1 + \dots + \bar{b}_{n-1} S'_{n-1}).$$

Використовуючи теорему Коші до інтегралу, остаточно знаходимо:

$$I_1(\zeta) = w(\zeta)S'(\zeta) + S'_*(\zeta).$$

Розглянемо тепер інтеграл

$$I_2(\zeta) = -\frac{1}{2\pi i} \int \frac{\bar{\omega}(1/\sigma)}{\omega'(\sigma)} U'_0(\sigma) \frac{d\sigma}{\sigma - \zeta}.$$

Підставивши вираз для функції U_0 , отримуємо:

$$I_2(\zeta) = P_j [Y(\zeta, \zeta_j) + \alpha Y(\zeta, \zeta_j)]$$

де

$$Y(\zeta, c) = \frac{1}{2\pi i} \int \frac{\bar{\omega}(1/\sigma)}{\omega'(\sigma)} \frac{d\sigma}{(\sigma - \zeta)(\sigma - c)}.$$

Враховуючи, що $\frac{1}{(\sigma - \zeta)(\sigma - c)} = \left(\frac{1}{\sigma - \zeta} - \frac{1}{\sigma - c} \right) \frac{1}{\zeta - c}$, отримаємо:

$$Y(\zeta, c) = \frac{1}{\zeta - c} [A(\zeta) - A(c)],$$

де

$$A(\zeta) = \frac{1}{2\pi i} \int \frac{\bar{\omega}(1/\sigma)}{\omega'(\sigma)} \frac{d\sigma}{\sigma - \zeta}.$$

Зобразимо

$$A(\zeta) = \frac{1}{2\pi i} \int \left(\frac{\bar{\omega}(1/\sigma)}{\omega'(\sigma)} - \left(\frac{\bar{b}_n}{\sigma^n} + \dots + \frac{\bar{b}_1}{\sigma} \right) \right) \frac{d\sigma}{\sigma - \zeta} + \frac{1}{2\pi i} \int \left(\frac{\bar{b}_n}{\sigma^n} + \dots + \frac{\bar{b}_1}{\sigma} \right) \frac{d\sigma}{\sigma - \zeta} \dots$$

Враховуючи, що вираз у дужках першого інтегралу є аналітичною функцією у крузі, а у другому інтегралі – поза кругом, на основі теореми Коші знаходимо:

$$A(\zeta) = w(\zeta) \text{ при } |\zeta| < 1; \quad A(\zeta) = -\left(\frac{\bar{b}_n}{\zeta^n} + \dots + \frac{\bar{b}_1}{\zeta} \right) \text{ при } |\zeta| > 1$$

Використовуючи обчислені інтеграли, остаточно знаходимо:

$$\begin{aligned} \psi_n(\zeta) &= S'_*(\zeta) + w(\zeta) \left[\frac{P_j}{\zeta - \zeta_j} + \alpha \frac{P_j}{\zeta - \zeta_j} + S'(\zeta) \right] + P_j \frac{1}{(\zeta - \zeta_j)} \left[\frac{\bar{\omega}(\zeta_j)}{\omega'(\zeta_j)} - w(\zeta_j) \right] - \\ &- \alpha P_j \frac{w(\zeta_j)}{\zeta - \zeta_j} = \frac{P_j}{\zeta - \zeta_j} \left[\frac{\bar{\omega}(\zeta_j)}{\omega'(\zeta_j)} - w(\zeta_j) - \alpha w(\zeta_j) \right]. \end{aligned}$$

Випишемо похідні від знайдених функцій, які необхідні для знаходження напружень і перемішень:

$$\Phi(\zeta) = \frac{\varphi'(\zeta)}{\omega'(\zeta)}; \quad \Psi(\zeta) = \frac{\psi'(\zeta)}{\omega'(\zeta)}; \quad \frac{d\Phi(\zeta)}{dz} = \frac{\varphi''(\zeta)\omega'(\zeta) - \varphi'(\zeta)\omega''(\zeta)}{(\omega'(\zeta))^2};$$

$$\varphi'(\zeta) = U'_0(\zeta) + \bar{\Gamma}_j \bar{P}_j \zeta_j \frac{n\zeta - (n+1)\zeta_j}{(\zeta - \zeta_j)^2} \zeta^n - S'(\zeta),$$

$$\varphi''(\zeta) = U''_0(\zeta) + \bar{\Gamma}_j \bar{P}_j \zeta_j \frac{n(n-1)\zeta^2 - 2(n-1)\zeta\zeta_j + n(n+1)\zeta_j^2}{(\zeta - \zeta_j)^2} \zeta^{n-1} - S''(\zeta),$$

$$\psi'_n(\zeta) = V'_0(\zeta) - \frac{\bar{P}_j \bar{\Gamma}_j \zeta_j}{\omega'(\zeta)(\zeta - \zeta_j)^2} \left(\frac{\omega'_1(\zeta)\omega'(\zeta) - \omega_1(\zeta)\omega''(\zeta)}{\omega'(\zeta)} [n\zeta - (n+1)\zeta_j] + \omega_1(\zeta) \frac{(n+2)\zeta_j - n\zeta}{\zeta - \zeta_j} \right);$$

$$\begin{aligned} \psi'_n(\zeta) &= w'(\zeta)[S'(\zeta) - U'_0(\zeta)] + w(\zeta)[S''(\zeta) - U''_0(\zeta)] + \\ &+ S'(\zeta) \left[\frac{\bar{\omega}(\zeta_j)}{\omega'(\zeta_j)} - w(\zeta_j) \right] \frac{P_j}{(\zeta - \zeta_j)^2} + \alpha P_j \frac{w(\zeta_j)}{(\zeta - \zeta_j)^2}, \end{aligned}$$

де

$$\omega_1(\zeta) = \zeta^n \bar{\omega}(1/\zeta) = \bar{c}_1 \zeta^{n-1} + \bar{c}_2 \zeta^{n-2} + \dots + \bar{c}_n.$$

Таким чином, побудовано всі необхідні співвідношення та значення, за якими, підставивши їх у формули напружень і перемішень, одержуємо повний розв'язок задачі.

Література

1. Мусхелишвили П.П. Некоторые основные задачи математической теории упругости. – М.: Наука, 1966. – 707 с.

УДК 650.053

Ст. викл. Л.Д. Загвойська – УкрДЛТУ

ДЕЯКІ ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ПОБУДОВИ ТА АНАЛІЗУ ВИРОБНИЧИХ ФУНКЦІЙ І ФУНКЦІЙ ВИТРАТ

Розглянуто сучасні економетричні підходи до побудови виробничих функцій з метою подальшого аналізу поведінки виробника. Зокрема, наведено методологічні підходи до вивчення питання заміщення факторів виробництва у контексті неокласичної теорії та теорії двоїстості.

L. Zahvoyska – USUFWT

Some theoretical aspects of production and cost functions estimating and analyzing

Modern approaches to applying economic theory and econometrics to study the forest industry technology and employment of production factors are presented in this paper. Neoclassic and duality theory background is reviewed.

Вступ

Упродовж кількох останніх десятиліть економічна думка торує шлях до аналізу поведінки виробника на ринку факторів виробництва. Прагнення до максимізації прибутку, а отже мінімізації витрат при збереженні оптимальних обсягів виробництва є основним правилом діяльності фірми. Способи поєднання праці, капіталу, сировини й матеріалів, електроенергії, які склалися на підприємстві та у галузі, описуються за допомогою виробничих функцій. Саме вони сьогодні з

успіхом використовуються економістами для аналізу і прогнозування поведінки виробника на мікро-, мезо- і макрорівнях.

Для деревообробної та паперової промисловості особливо важливими є такі питання:

Наскільки гнучкою є технологія виробництва, коли вона зустрічається із зміною витрат на фактори виробництва або обмеженою пропозицією цих факторів (капітал, праця, сировина, матеріали, електроенергія).

Також важливо знати, чи фактори виробництва є взаємозамінними, чи доповнюючими. Це питання дуже важливе для прогнозування поведінки виробника, адже якщо фактори взаємозамінні, то, *ceteris parabis*, підвищення цін на один з них викличе зростання попиту на інший. Якщо ж фактори виробництва є взаємодоповнюючими, то зростання цін на один фактор призведе до зменшення попиту на обидва фактори.

Окрім питань чутливості попиту на фактори виробництва до зміни цін, важливо знати, як технічні зміни впливають на продуктивність різних факторів.

Для отримання відповіді на поставлені питання, аналізу і прогнозу динаміки попиту на фактори виробництва неокласична теорія і використовує виробничі функції.

1. Моделювання попиту на фактори виробництва і їх заміщення у лісовій промисловості

До моделювання попиту на фактори виробництва існують різні підходи: підходи, що базуються на неокласичній теорії виробництва, інженерні підходи, моделі граничних функцій та лінійне програмування [6]. Вибір підходу, головним чином, визначається його внутрішньою послідовністю, конкретною метою досліджень, емпіричним застосуванням, а також наявністю та якістю даних. Наприклад, інженерні підходи і лінійне програмування вимагають детальних даних про кожне підприємство і є особливо зручним засобом дослідження ефективності технологій. Моделі граничних функцій звертаються до найпрогресивніших технологій, що існують на даний момент часу, у той час, коли неокласична звичайна функція представляє існуючі технології різних підприємств. Традиційно використовуються неокласичні підходи, оскільки: якість і форма даних, що найчастіше представлені у вигляді часового ряду, не дозволяють використати інші підходи; ці підходи мають найбільшу робастність. Досить прості на перший погляд, вони працюють краще, ніж інші теорії.

1.1. Неокласичний підхід

Технологія виробничого процесу визначає технічні засоби, через які фактори виробництва ефективно поєднуються для виробництва одного або декількох видів продукції. У неокласичній виробничій теорії найвища ефективність, тобто геометричне місце точок мінімальних витрат на випуск будь-якого заданого обсягу виробництва, математично описується за допомогою виробничої функції. Розглянемо просту виробничу функцію промисловості, котра виробляє обсяг продукції Q , використовуючи набір факторів X :

$$Q = F(X). \quad (1)$$

Вона повинна задовольняти вимоги регулярності, які встановлюють умови для добре описаних виробничих функцій, сформульовані Diewert'ом [5]:

- F – функція n дійсних параметрів $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$, яка приймає дійсні значення для кожного невід'ємного вектора X . Функція є скінченна, якщо кожна компонента вектора теж є скінченною;
- $F(0) = 0$ і $F(X)$ є не спадною функцією від X ;
- $F(X'')$ прямує до плюс безмежності для хоча б однієї невід'ємної послідовності векторів X'' . Іншими словами, будь-який позитивний обсяг випуску реальний (досягнутий) при певному поєднанні факторів;
- $F(X)$ є неперервною функцією;
- F є квазіувігнутою функцією. Ця умова є узагальненням неокласичної умови щодо зменшення віддачі будь-якого входу.

Виробнича функція описує можливості ефективного виробництва, які відкриті для фірми. Однак вона дає тільки технічні обмеження, як така вона не дозволяє перевірити економічні гіпотези. Щоб застосувати цю функцію до економічних даних і вивчити зв'язки між цінами на фактори і попитом на них, потрібно зробити додаткові припущення щодо економічної поведінки фірми. У базовій неокласичній моделі фірми вважається, що фірма працює в умовах конкурентного ринку (як входів, так і виходів), і прагне максимізувати свої прибутки при заданих екзогенних цінах на входи і виходи. Тобто цю ситуацію математично можна описати так:

$$\max \pi = \max PQ \quad (2)$$

за умови

$$Q = F(X),$$

де: π – прибутки фірми; P – ціна випуску; Q – обсяг випуску; F – виробнича функція; X – вектор обсягів вхідних факторів.

Побудувавши виробничу функцію, ми отримуємо можливість проаналізувати заміщення факторів виробництва – процесу, що складається з ряду актів часткових замінів факторів виробництва, частина з яких може мати і зворотно-поступальний характер [2]. *Гранична норма заміщення фактора і фактором j* (MRS_{ij}) – це відношення часткових похідних:

$$MRS_{ij} = \frac{df}{dx_i} : \frac{df}{dx_j} \quad (3)$$

Це теж функція n параметрів $x_1, x_2, \dots, x_n$. Вона показує, приблизно на скільки одиниць потрібно збільшити кількість фактора j , щоб при зменшенні фактора i обсяг виробництва не змінився. Цей показник служить первинною характеристикою заміщення факторів виробництва. Більш детальну характеристику механізму компенсаторного заміщення факторів дають інші показники, які відображають характер зміни граничної норми заміщення за умови зміни окремих факторів або їх комбінації. Найбільш відомі з них ті, що характеризують еластичність заміщення факторів.

1.2. Двоїстий підхід

З другого боку, рішення фірми щодо обсягів вхідних факторів та обсягів реалізації приймаються незалежно, тому можна вважати, що насамперед менеджер розраховує функцію мінімальних витрат, а тоді вже на підставі цих розрахунків приймає рішення щодо обсягів виробництва. Більш точно можна сказати, що оптимізаційна задача, з якою зустрічається фірма, полягає у виборі обсягів ресурсів

сів, щоб мінімізувати витрати на виробництво певного екзогенно заданого обсягу випуску. Таким чином, технологію виробництва можна описати за допомогою функції витрат:

$$\min C = \min pX \quad (4)$$

за умови

$$Q = F(X),$$

де: C – витрати на виробництво; p – вектор цін на ресурси.

Задача мінімізації витрат є двоїстою до задачі максимізації прибутків за умови досягнення певних обсягів виробництва, обидві вони дають ту ж саму оптимальну поведінку. Адже максимізація прибутків передбачає мінімізацію витрат.

Для встановлення рівнянь попиту на фактори виробництва існують два способи. Перший метод передбачає визначення рівнянь попиту на ресурси методом множників Лагранжа або використовуючи апарат математичного програмування. Другий можливий підхід – почати з функції витрат і шляхом її часткового диференціювання по цінах на ресурси оцінити рівняння попиту на них. Таким чином, рівняння попиту встановлюються без аналітичного розв'язання оптимізаційної задачі. Перший підхід представляє традиційний неокласичний підхід, а другий – використання теорії двоїстості, розвиненої Shephard'ом. Властивість двоїстості вказує на можливість отримання виробничої функції на основі функції витрат і навпаки, якщо ці функції відповідають умовам регулярності [8].

Двоїстість виробничої функції і функції витрат робить останню "статистично достатньою" для опису всіх релевантних економічних характеристик відповідної технології. Можливість отримання рівнянь попиту на ресурси більш простим способом (без застосування методу Лагранжа) є головною перевагою двоїстого підходу. Далі вкажемо на основні властивості функції витрат, сформульовані McFadden'ом [7].

Допустимо, що певна виробнича технологія може бути описана функцією витрат:

$$C(Q, p, T), \quad (5)$$

де: C – мінімальні витрати на виробництво обсягу продукції Q ; $p = (p_1, \dots, p_N)$ – вектор екзогенних цін на ресурси; T – екзогенний індекс технічних змін.

Вважається, що функція витрат задовольняє вимогам регулярності. Крім того, вважається, що функція C є двічі диференційованою функцією по P та Q . Згідно леми Shephard'a:

$$\frac{dC}{dp_i} = x_i, \quad (6)$$

де x_i – компоненти вектора попиту на ресурси.

Тобто величина попиту на ресурс i , яка мінімізує функцію витрат, дорівнює частковій похідній цієї функції по ціні на даний ресурс [7]. Крім того, функція витрат має властивість симетрії:

$$\frac{d^2 C}{dp_i dp_j} = \frac{d^2 C}{dp_j dp_i} \text{ або } \frac{dx_i}{dp_j} = \frac{dx_j}{dp_i} \quad (7)$$

Властивість (6) можна використати для встановлення на основі функції витрат систем функцій попиту на ресурси, що дозволяють мінімізувати ці витрати, а

властивість (7) може бути використана для зменшення кількості параметрів, які потрібно оцінити в економетричних дослідженнях.

Економічні ефекти, такі як замішуваність, масштаб виробництва, розподіл і технічні зміни, можна дослідити, використовуючи функцію витрат та її першу і другу похідні.

2. Функціональні форми, які відображають технологію виробництва

Щоб оцінити економічні ефекти, необхідно вибрати функціональну форму для виробничої функції чи функції витрат. У 1928 р. була запропонована двохфакторна виробнича функція Кобба-Дугласа, для якої вихідними припущеннями були сталість масштабу виробництва, одинична еластичність заміщення і нейтральна технічна зміна. Головним досягненням у процесі дослідження кращих функціональних форм була функція із "сталою еластичністю заміщення", запропонована у 1961 р. Arrow. Вона дозволяла еластичності заміщення приймати значення, які відрізняються від одиниці. Однак ця функція теж є обмеженою, оскільки вимагає сталої еластичності заміщення у випадку зміни відносних цін на фактори виробництва. Намагання послабити цю вимогу реалізувалися у функціях змінної еластичності заміщення, в яких еластичність і масштаб залежать від поєднання випуску і/або факторів виробництва [10]. Проте визначальною інновацією наукової думки у цьому напрямку стали "гнучкі функціональні форми", які не наклали апріорі таких обмежень, як гомогенність, сталість заміщення, але відображали будь-яке поєднання економічних ефектів у певній точці. Тому ці функції є головним досягненням порівняно із функціями, які традиційно використовуються. Особливого поширення у дослідницьких роботах набуло використання цих функцій після застосування логарифмічної функції та узагальненої функції Леонтьєва Diewert'ом [5].

Логарифмічна функція витрат, яка є локальним наближенням другого порядку будь-якої функції витрат, може бути записана так:

$$\ln C(p, Q) = a_0 + \sum a_i \ln p_i + a_Q \ln Q + a_T T + 0,5 * [\sum a_{ii} (\ln p_i)^2 + \sum a_{QQ} (\ln Q)^2 + a_{TT} T^2] + \sum \sum a_{ij} \ln p_i \ln p_j + \sum a_{iQ} \ln p_i \ln Q + \sum a_{iT} \ln p_i T + a_{QT} \ln Q T. \quad (8)$$

Диференціювання виразу (8) по логарифму ціни ресурсу i та використання леми Shephard'a дає нам систему рівнянь (9), яка використовується для аналізу заміщення факторів виробництва:

$$S_i = \frac{p_i dC/dp_i}{C} = \frac{p_i X_i}{C} = a_i + \sum a_{ij} \cdot \ln p_j + a_{iQ} \cdot \ln Q + a_{iT} \cdot \ln T \quad (9)$$

Характеристики технології виробництва, що лежать в основі досліджуваного процесу, можна отримати на основі цієї логарифмічної функції.

Численні приклади використання виробничої функції для аналізу поведінки виробника у лісовій промисловості США наводять Cardellicchio P.A. та Kirjasniemi [4], Hetemdkі, L. використовує функцію витрат для аналізу паперової промисловості Фінляндії [6].

Вибір типу функції, її адекватної функціональної форми, поки що, залишається відкритим питанням. Однак зрозуміло, що використання функції витрат і виробничої функції для аналізу поведінки виробника, оптимізації виробничого менеджменту, прогнозування розвитку галузі у ринкових умовах є потужним і незамінним засобом.

Література

1. Мікроекономіка і макроекономіка. Ред. Будаговської С. Підручник. – К.: Основи. 1998.
2. Клейнер Г.Б. Производственные функции. – М.: Финансы и статистика. 1986.
3. Лук'яненко І.Г., Краснікова Л.І. Економетрика. Підручник. – К.: Знання, 1998.
4. Cardellicchio P.A. and Kirjasniemi. Modeling production behavior in forest sector models// The global forest sector: an analytical perspective – Chichester: John Wiley and Sons, 1987.
5. Diewert, W.E. An application of the Shephard duality theorem// Journal of Political Economy, 1971.
6. Hetemäki, L. Factor substitution in the Finnish pulp and paper industry. – Helsinki: Society of Forestry in Finland, 1990.
7. McFadden D. Cost, revenue, and profit functions// M. Fuss and D. McFadden (Eds), Production econometrics: A Dual Approach to Theory and Applications, Vol. 1. Amsterdam: – North Holland, 1978.
8. Samuelson P. Foundations of Economic Analysis. Harvard University Press. 1947.
9. Shepherd R.W. Cost and Production Functions. Princeton University Press. 1953.
10. Zellner A., Revankar N. Generalized production functions. Review of Economic Studies, 36(2). 1969.

УДК 658.527

Доц. В.М. Максимів, д.т.н.; доц. Л.Я. Сорока, к.т.н.;
інж. В.І. Криштанович; інж. Р.Р. Курка – УкрДЛТУ

ОЦІНКА СТАБІЛЬНОСТІ ОПЕРАЦІЙ У
ДЕРЕВООБРОБЛЮВАЛЬНІЙ ГАЛУЗІ

Проведено аналіз дослідження стабільності операцій у деревооброблювальній галузі.
Дані рекомендації щодо створення баз даних і вибору коефіцієнтів для опису стабільності операцій.

Doc. V.M. Maksymiv, doc. L.Y. Soroka, eng. V.I. Kryshchapovych,
eng. R.R. Kurka – USUFWT

Operations stability estimation in timber industries

Seen out an operations stability research analysis in timber industry. Given recommendations as for creation of data bases and to coefficients choice for operations stability description.

Операції у деревооброблювальній промисловості характеризуються не тільки тривалістю їх реалізації, але й ступенем стабільності затрат часу на їх реалізацію. Навіть в абсолютно однакових умовах час виконання операції коливається у певних межах. Це стосується як елементарних (технологічно неподільних), так і технологічних та транспортних операцій, які отримані як сукупність елементарних. Причинами цих коливань є різна інтенсивність праці робітників, параметри об'єктів обробки, стан обладнання та інструментів і інші.

Для опису стабільності операцій використовують, в основному, коефіцієнт стійкості хронометричного ряду K_c та варіаційний коефіцієнт ν . Найпростішим є коефіцієнт стійкості хронометричного ряду:

$$K_c = t_{\max} / t_{\min},$$

де: K_c – коефіцієнт стійкості хронометражного ряду; $t_{\max}$ і $t_{\min}$ – максимальний та мінімальний члени хронометражного ряду.

Складнішим в обчисленні є варіаційний коефіцієнт:

$$\nu = G / t_{\text{сер}} \cdot 100 \%,$$

де: G – середньоквадратичне відхилення; $t_{\text{сер}}$ – середнє значення тривалості операцій.

У 60-ті роки співробітниками ЦНДІМОД (м. Архангельськ) на передових підприємствах галузі проведено численні дослідження тривалості та стабільності операцій [1]. У процесі аналізу стабільності операцій у часі їх поділено на три класи стабільності:

- значення варіаційного коефіцієнта $\nu = 10\%$ (0...14,9 %) (закручування значної кількості шурупів, їх фіксування в отворах; забивання значної кількості цвяхів та скоб; висвердлювання значної кількості отворів; прибивання мішковини, тканини, шпигату та інші роботи масового характеру);
- значення варіаційного коефіцієнта $\nu = 15...25\%$ (допоміжні роботи, розмітання роботи з шаблоном; фіксування пластин, петель та різноманітної фурнітури; вибирання гнізд під фурнітуру; нанесення клею на деталі та вузли у процесі складання; встановлення полиць, ящиків, дна у ящики; навішування дверей та складання корпусів на шкантах; зашивання кутів матраців, сидінь диванів, крісел; розстилання мішковини, тканини, поролону);
- значення варіаційного коефіцієнта $\nu = 35...65\%$ (роботи, які вимагають значних навиків та високої кваліфікації: підгонка полиць, заглушок та інших елементів, пов'язаних з точністю складання; підбирання деталей та вузлів за текстурою та кольором деревини; оформлення профілів сидінь у процесі виготовлення м'яких меблів; дрібний ремонт та усунення дрібних дефектів).

Коефіцієнт стійкості хронометражного ряду, як і варіаційний коефіцієнт характеризують межі відхилень хронометражних рядів, але не дають характеристики відхилень. Для виявлення закономірностей будувались криві розподілу. Аналіз цих кривих показав, що варіанти витрат часу на виконання елементарних операцій підпорядковуються нормальному закону розподілу.

Понад 30 років в УкрДЛТУ ведуться дослідження тривалості операцій у лісовій та деревообробній промисловості. Математичний опис вибіркового розподілу тривалості операцій описується ерлангівським розподілом [2, 3]. Для деревообробної промисловості значення параметра стабільності K (параметр Ерланга $K = t_c^2 / D$) знаходиться в інтервалі $5 \leq K \leq 70$. Більша частина значень параметра K приходить на інтервал $10 \leq K \leq 40$. До 15 % значень параметра K приходить на значення $K < 10$. Це операції з високим вмістом ручної праці, низьким рівнем механізації та автоматизації, операції, які реалізуються на морально та фізично застарілому обладнанні. Майже 30 % значень параметрів стабільності K припадає на інтервал $K > 40$. Це високо механізовані процеси та операції, які складаються із значної кількості елементарних операцій.

До операцій, коефіцієнт стабільності яких $K < 10$, належать: торцювання дошок; випилювання по контуру; розкроювання плит (ЦТЗФ); облицювання пластей; свердління незначної кількості отворів (1...3); нанесення клею.

До другої групи операцій, коефіцієнт стабільності яких знаходиться у межах $10 \leq K \leq 40$, належать: поздовжній розкрій колод, обрізування дошок, фрезерування та торцювання чорнових меблевих заготовок; нарізання шипів, значна кількість операцій фанерного виробництва; складання каркасів м'яких меблів, набивання пасів та пружин, обклеювання сидінь та спинок м'яких крісел поролоном, кінцеве зашивання тканин у м'яких меблях.