

2. **Елементи теорії** автоматичних ліній : навч. посібн. / Д.Л. Дудюк, Л.Д. Загвойська, В.М. Максимів, Л.М. Сорока. – Київ-Львів, 1998. – 190 с.

3. **Іванишин Т.В.** Оптимізаційна модель синхронних багатOVERстатних ліній з постійним ритмом роботи у виробництві віконних і дверних блоків / Т.В. Іванишин // Науковий вісник УкрДЛТУ : зб. наук. -техн. праць. – Львів : Вид-во УкрДЛТУ. – 2002. – Вип. 12.8. – С. 314-319.

4. **Іванишин Т.В.** Формализация критерия оптимизации систем машин из стохастическими интервалами обработки заготовок / Т.В. Иванишин // Актуальные проблемы лесного комплекса : сб. науч. труд. по итогам Междунар. науч.-техн. конф. – Брянск : Изд-во БГИТА, 2008. – Вып. 21. – С. 240-242.

Іванишин Т.В. Обоснование оптимальной величины соотношения производительности станков в автоматизированных линиях

Методами имитационного и математического моделирования процесса обработки брусковых заготовок на деревообрабатывающих автоматизированных линиях с жестким агрегатированием оборудования исследовано влияние величины соотношения производительности станков на удельные приведенные затраты выпуска продукции в условиях стохастического изменения длительности технологических операций на участках машинных систем. Даны рекомендации относительно оптимального соотношения производительности станков при проектировании автоматизированных линий.

Ключевые слова: имитационное моделирование, математическое моделирование, станок, жесткое агрегатирование, стохастическое изменение, длительность технологической операции, автоматизированная линия, соотношение производительности, удельные приведенные затраты.

Ivanyshyn T.V. Optimum size of correlation of productivities of machine-tools in the automated lines

Using imitation and mathematical design the process of work of woodworking lines was investigated. The influence of machine-tools productivity of line on the cost of machining of squared beam purveyances in the conditions of stochastic change of the duration of technological operations was set. Recommendations are done in relation to optimum planning of automated lines taking into account the productivity of machine-tools.

Keywords: imitation design, mathematical design, machine-tool, hard connection of machine-tools, stochastic change, duration of technological operation, automated line, correlation of productivities, charges for making products.

УДК 630*95

Здобувач Н.М. Собко;

доц. І.Ф. Солтис, канд. фіз.-мат. наук – НЛТУ України, м. Львів

СИНТЕЗ СИСТЕМИ МАШИН ДЛЯ ЛІСОЗАГОТІВЕЛЬ В ГІРСЬКИХ УМОВАХ ТА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЇХ РОБОТИ

Наведено аналіз роботи машин на лісозаготівлях у гірських умовах. Запропоновано схему багатокритеріального синтезу для вибору системи машин. Виведено аналітичні залежності для визначення коефіцієнта готовності системи машин та комплексного показника ефективності їх роботи, що виражає відношення вартості машин до їх фактичної продуктивності.

Лісові масиви Карпат становлять складну екосистему, яка є фундаментом для виникнення і функціонування окремих лісogосподарських та лісозаготівельних підсистем. У межах одного територіального регіону ці підсистеми пов'язані між собою певними процесами їх функціонування. Робота підсистем часто призводить до виникнення несприятливих процесів та явищ, які

приводять до певної перебудови існуючих екосистем, нерідко з порушенням їх стійкості.

Для освоєння гірських лісів створюються лісоексплуатаційні системи на основі злиття природних і техногенних підсистем. Правильний вибір структури лісоексплуатаційної системи, встановлення зв'язків між її окремими елементами дасть змогу раціонально використати лісові багатства, зберігши при цьому існуючу екологічну рівновагу не тільки в гірських, а і в прилеглих до них рівнинних регіонах. Під час вибору системи машин необхідно враховувати природні умови лісоексплуатації особливості лісозаготівельного виробництва, експлуатаційні властивості технічного засобу, його режими роботи та вартість.

Системний аналіз роботи машин стає особливо актуальним у наш час, коли згідно зі Законом України "Про мораторій на проведення суцільних рубок...", рубання головного користування в гірських лісах Карпат заборонені [1], коли змінюються пріоритети лісокористування, форми власності та лісоексплуатаційної діяльності, закони та нормативи використання лісових ресурсів, розробляються методики плати за пошкодження ґрунтового покриву і підросту в процесі лісоексплуатації та забруднення гірських лісових потоків і річок.

На лісозаготівлях використовують різноманітні технічні засоби та машини від найпростіших пристосувань, що приводяться в рух людиною або конем, до високопродуктивних харвердерів, які забезпечують повну механізацію всіх технологічних операцій заготівлі та транспортування деревини до лісовозних доріг. Лісові машини повинні забезпечити мінімальну собівартість заготовленої деревини, яка визначається ринком, а їх параметри мають дозволяти реалізовувати різні технологічні схеми освоєння лісосік [2].

У відомих роботах [3-5] запропоновано схеми модульного проектування лісових машин та розроблено три типи систем машин для лісозаготівлі в гірських регіонах, за умови забезпечення мінімальних затрат на створення машин, їх виготовлення та експлуатацію. Однак в роботах не дано економічної оцінки ефективності роботи системи машин, не враховано екологічні ризики від заготівельної діяльності, пов'язані з пошкодженням ґрунтового покриву, підросту та забрудненням навколишнього середовища.

Для вибору ефективної системи машин їм потрібно дати виробничо – вартісну оцінку в процесі експлуатації. Основними показниками можна вважати: вартість системи машин та механізмів; комплексну продуктивність; об'єм заготовленої деревини; екологічні збитки. Всі ці показники потрібно перенести на собівартість заготовленої деревини.

Схема формування комплексного показника ефективності, який визначається процесом лісозаготівлі, складається з таких операцій [2, 4]: 1) звалювання дерев; обрізання сучків; розкрязування; 2) формування пакетів гілок та сортиментів; підтрельовування; 3) трелювання; 4) штабелювання, первинна переробка; 5) відвантаження; 6) транспортування.

Для виконання кожної операції потрібно підібрати сумісні машини та механізми. Стан такої системи не обмежується кількістю внутрішніх вимог, тобто вона є розімкненою. Систему машин можна вибрати, скориставшись відомими методами синтезу.

Процедури структурного та параметричного синтезів на сьогодні здійснюють незалежно, застосовуючи при цьому різні за структурою математичні моделі та методи [6, 7]. Однак розбиття єдиної комплексної задачі на дві окремі – структурний та параметричний синтези, не дає змоги комплексно, із системних позицій, оцінити роботу машин, оскільки їх якісні характеристики і властивості виявляють себе тільки під час розгляду її на рівні конструктивних параметрів. Крім цього, для оцінювання якості структури майбутньої системи, не завжди можливо застосовувати ті критерії, за якими оцінюватимуть її на стадії параметричного синтезу. Тільки об'єднання процедур структурного та параметричного синтезів в єдиний багатокритеріальний – дасть змогу вибрати найбільш ефективний варіант.

$$CM = \langle A, S, W, \rangle, \quad (1)$$

де: CM – система машин; A – аналіз та декомпозиція задачі експлуатації, яка задається службовою функцією системи машин (CM), що дає змогу виділити множину функціональних модулів і зв'язків між ними; S – синтез та генерування варіантів модулів у структуру машин; W – оцінка, порівняння та відхилення неперспективних варіантів за допомогою розроблених критеріїв та обмежень.

Основними формалізованими методами генерування є метод морфологічного аналізу та метод генерування структурних моделей об'єкта за допомогою типових математичних моделей [6, 7]. В обох випадках використовується спільний методичний підхід: об'єкт проектування поділяють на окремі елементи, після цього вивчають можливі комбінації цих елементів. Відмінність методів полягає в тому, що в разі морфологічного аналізу створюються усі можливі комбінації елементів, а в разі використання типових математичних моделей кількість можливих варіантів, шляхом відхилення некоректних з погляду математики. У разі генерування варіантів структури об'єкта модель повинна враховувати такі ознаки відмінностей між варіантами структури:

- якісний склад елементів, тобто можливі варіанти елементів, які утворюють об'єкт;
- кількість елементів, що утворюють об'єкт синтезу;
- порядок елементів у структурі об'єкта синтезу.

Відомі також методи динамічного програмування, метод відсікань і метод Лагранжа [6-8]. Використання цих алгоритмів дає змогу пришвидшити пошук точного розв'язку в разі збереження, в загальному випадку, експонентного закону залежності тривалості алгоритму від вихідного числа. Такі алгоритми під час розв'язування практичних оптимізаційних задач становлять тільки теоретичний інтерес і, як показав аналіз, ефективні для невеликої кількості даних.

Порівняно простим є метод повного перебирання варіантів. На кожному кроці оптимізації здійснюють аналіз одного варіанта x з погляду виконання обмежень і досягнутого значення функції мети $f(x)$. Кількість кроків дорівнює кількості варіантів множини Ω [7, 8].

Кількість точок у просторі пошуку

$$N = \prod_{i=1}^n N_i, \quad (2)$$

де: n – кількість проектних параметрів в області пошуку; N_i – кількість значень кожного проектного параметра.

Метод повного перебирання застосовують для задач структурного синтезу за відносно малої кількості вихідних даних. Разом з тим оперативність повного перебирання можна істотно підвищити за рахунок мінімізації кількості обчислюваних операцій, зазначених на кожному кроці.

Задача дискретної оптимізації за цілочисельних змінних має такий вигляд:

$$\min_{x \in G} f(x), \quad (3)$$

де: $x = (X_1 \dots X_j \dots X_n)$; X_j – цілі числа; G – скінченна множина.

У лісовій промисловості використовують машини, що мають різні властивості, різний характер роботи, потужність вартість і т. ін. У цьому випадку метод повного перебирання є надто складним. Тому для створення системи з багатокомпонентних машин доцільно прийняти метод гілок та меж [7], який ставить мінімальні вимоги до виду і властивостей функції мети $f(x)$ та обмежень, що задають множину допустимих розв'язків G .

Знаходимо оптимальний розв'язок x' , за якого

$$f(x') = \min_{x \in G} f(x) \quad (4)$$

З цією метою розбиваємо множину G на скінченну кількість підмножин $G_1^k \dots G_i^k \dots G_{n_k}^k$ $i = 1, n_k$, де n_k – номер кроку.

Для визначення оптимального розв'язку обчислюємо нижню межу $V(G_1^k)$ множини значень $\{f(x) : x \in G_i^k\}$. Межу визначають, розв'язуючи задачу оцінювання:

$$V(G_i^k) = \min_{x \in G_i} f(x) \quad (5)$$

де $G_i^k \subseteq G_v$. Множину G_v формуємо, відкидаючи частину обмежень, що задають G . Правомірність такого підходу до обчислення оцінки впливає з нерівності:

$$\min_{x \in G_i^k \subseteq G_i} f(x) \geq \min_{x \in G_v} f(x) \quad (6)$$

Якщо внаслідок розв'язування задач (5) будуть знайдені значення x такі, що $x \in G_i^k$ і $f(x) = V(G_i^k) \leq V(G_i^k) \forall i = 1, n_k; i \neq l$, тоді x – оптимальний розв'язок. В іншому разі переходимо до наступного кроку, вибираючи підмножину для чергового розбиття за правилом:

$$\min_i \{V(G_i^k) : i = 1, n_k\} \quad (7)$$

повторюючи для нього процедуру розбивання та оцінювання.

У разі синтезу системи машин значення та область зміни проектних параметрів, зазвичай, відомі, а критерії якості виражаються детермінованими функціями від них. У такому випадку синтез системи машин відбувається в умовах визначеності ситуації, і формування альтернативних варіантів здійс-

нюється за результатами розв'язування задачі векторної оптимізації, яку можна представити в такому вигляді:

$$\min_{x \in R} m \{f_1(x); f_2(x), \dots, f_k(x)\}, \quad (8)$$

$$g_i(x) = 0; i = 1, 2, \dots, m_1, \quad (9)$$

$$g_i(x) \leq 0; i = m_1 + 1; \dots, m, \quad (10)$$

$$x_{\min} \leq x \leq x_{\max}, \quad (11)$$

де: $f_i(x)$ – часткові критерії якості системи машин; x – вектор експлуатаційних параметрів; k – кількість часткових критеріїв якості; $g_i(x)$ – функції обмеження; m_1, m – кількість обмежень у вигляді рівностей та нерівностей; $x_{\min}, x_{\max}$ – відповідно нижня і верхня межі параметрів.

Для побудови моделі синтезу системи машин застосуємо функціонально-модульний принцип, який передбачає виділення в її структурі функціональних модулів, створення списку їх модифікацій та розроблення правил синтезу.

Взявши за основу існуючі машини, що використовуються на лісозаготівлі, пропонуємо двозначний граф структури такої системи (рис. 1).

Суть методу оцінки структури системи машин полягає в такому:

- опис варіантів структури у вигляді дерева, верхівки якого відповідають елементам матриці, а стрілки показують їх зв'язки;
- знаходження першого варіанта структури та прийняття його вартості за максимально допустиму $B_{\max}$, а надійність – за мінімально допустиму $K_{\Gamma \min}$ (коефіцієнт готовності роботи машин);
- перебирання варіантів системи машин за всіма відгалуженнями графа та порівняння отриманих значень B_{ij} та $K_{\Gamma ij}$ із вже набраною вартістю $B_{\max}$ та $K_{\Gamma \min}$, який обчислюється за загальною формулою:

$$K_{\Gamma} = \frac{K_{\delta}}{1 + \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{K_{\Gamma i}} - 1 \right)} \quad (12)$$

де: K_{Γ} – коефіцієнт готовності системи машин; $K_{\Gamma i}$ – коефіцієнт готовності i -тої машини; K_{δ} – коефіцієнт, що враховує можливість створення бункерного запасу ($K_{\delta} = 1 \div 1,5$).

Специфіка лісозаготівель дає змогу працювати системі машин навіть у разі виходу з ладу окремих механізмів. Це стає можливим через створення бункерних запасів на певних операціях. Таку особливість враховують введенням коефіцієнта бункерного запасу в формулі (12), величина якого залежить від специфіки роботи, особливостей технологічного процесу та величини складу – бункера.

Для повної оцінки роботи системи машин необхідно враховувати обмеження за продуктивністю. З цією метою введемо поняття фактичної продуктивності системи.

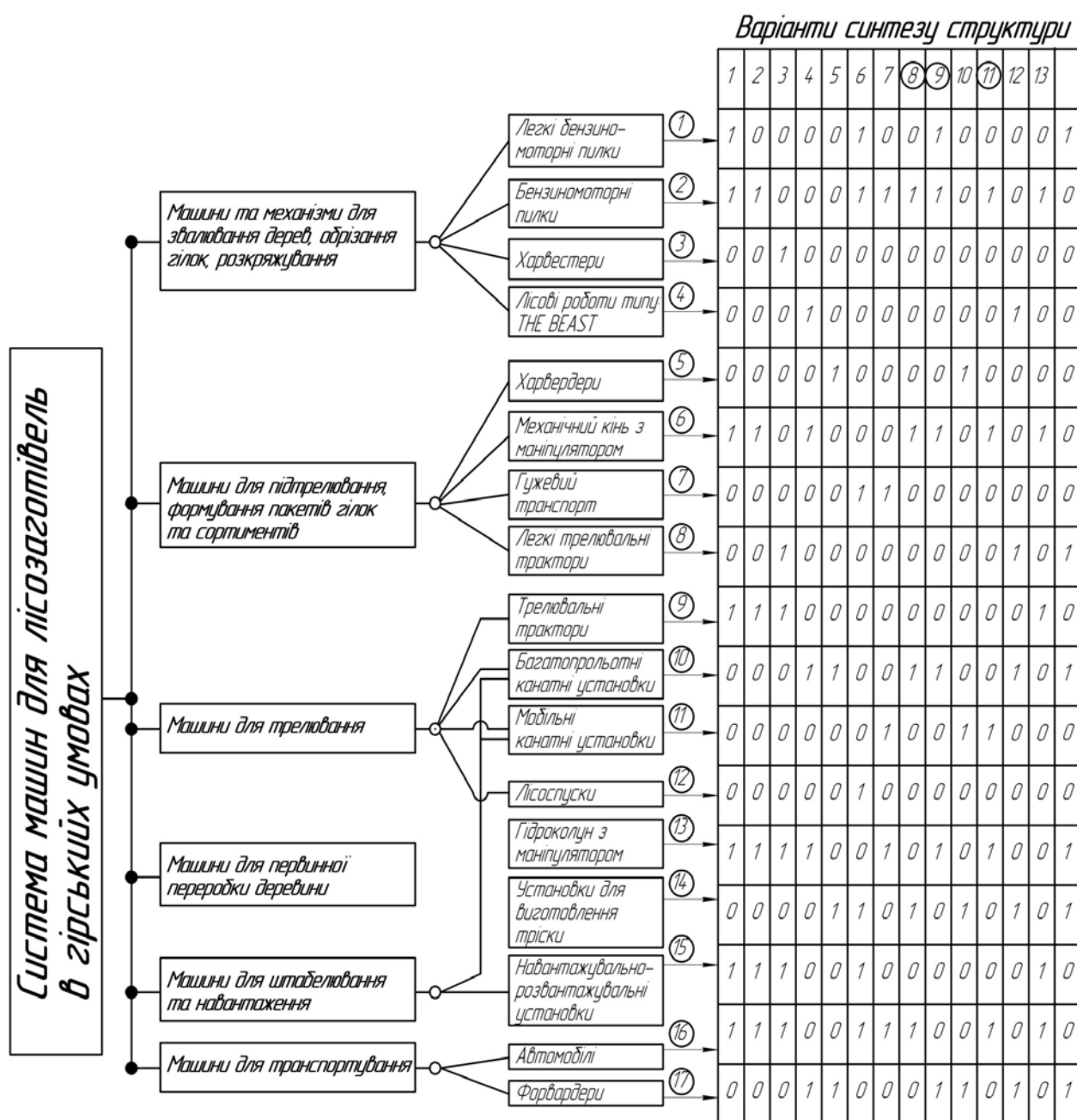


Рис. 1. Двозначний граф синтезу структури системи машин з таблицею:

- – верхівки зв'язані "та"; ○ – верхівки зв'язані "або";
- 1 – механізм наявний; 0 – механізм відсутній.

Поєднання коефіцієнта готовності K_T і теоретичної продуктивності Π_T визначає фактичну продуктивність Π_ϕ , тобто:

$$\Pi_\phi = \Pi_T \cdot K_T. \quad (13)$$

Оцінити оптимальний варіант системи машин можна за економічним показником ефективності.

$$E_c = \frac{B_c}{\Pi_\phi}, \quad (14)$$

де: E_c – показник ефективності роботи системи машин; B_c – сумарна вартість машин, що входять в систему.

$$B_c = \sum_{i=1}^n B_i, \quad (15)$$

де: B_i – вартість окремої машини; n – кількість машин у системі.

Отже, з врахуванням залежностей 12÷15, комплексний показник ефективності, що виражає відношення вартості системи машин до її фактичної продуктивності можна представити у вигляді залежності:

$$E_c = \frac{\sum_{i=1}^n B_i}{\Pi_{\phi} \cdot K_{\delta}} \left(1 + \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{K_{\Gamma i}} - 1 \right) \right) \quad (16)$$

Своєю чергою, так само як систему машин загалом, можна виконувати синтез вузлів окремої машини. Це стосується звальювально-трелювальних, звальювально-пакувальних, трелювальних машин і підвісних канатних систем, які складаються з окремих агрегатів, принцип роботи яких відрізняється.

За результатами аналізу роботи машин на лісозаготівлях, складено граф варіантів розв'язку структури синтезованої системи з використанням функціонально – вартісного аналізу та показано взаємозв'язки між окремими машинами (рис. 2).

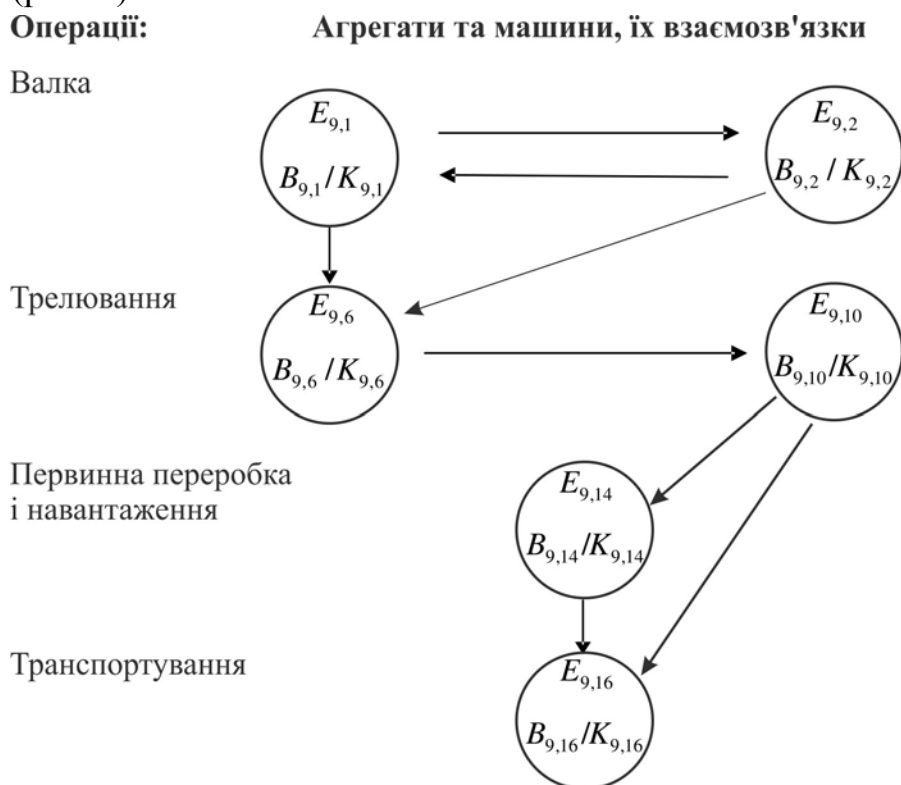


Рис. 2. Приклад графу формування варіантів взаємодії системи машин для лісозаготівель у гірських умовах

Транспортування деревини є однією із найдорожчих і екологічно небезпечних технологічних операцій під час заготівлі деревини.

Сьогодні у лісозаготівельному процесі розпочалася ера колісних і гусеничних харвестерів, які в майбутньому буде замінено новими досконалими машинами з крокувальним пристроєм чи літальним апаратом.

Однак нова техніка повинна бути економічно доцільна, а також соціально та екологічно безпечна.

Як показав аналіз, зараз на лісозаготівлях Українських Карпат, залежно від типу деревостану та рельєфних умов лісосіки, найбільш доцільно використовувати системи машин варіантів 8; 9; 11, які наведено в табл. на рис. 1.

Література

1. **Правила рубань** в гірських лісах Українських Карпат. – К. : Держком. лісового господарства, 2003. – 24 с.
2. **Шкіря Т.М.** Технологія і машини лісосічних робіт / Т.М. Шкіря. – Львів : Вид-во "Тріада – плюс", 2003. – 352 с.
3. **Мартинців М.П.** Аналіз роботи та принцип формування структури проектування машин для освоєння гірських лісів / М.П. Мартинців, Й.С. Бадера, О.Т. Ковальчик // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2006. – Вип. 16.5. – С. 59-62.
4. **Бадера Й.С.** Теоретичні основи вибору системи машин для освоєння гірських лісів / Й.С. Бадера // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2006. – Вип. 16.5. – С. 62-68.
5. **Мартинців М.П.** Розроблення методу формування альтернативних варіантів системи машин для лісозаготівель / М.П. Мартинців, Т.З. Матюхіна // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2007. – Вип. 17.7. – С. 120-123.
6. **Быков В.П.** Методическое обеспечение САПР в машиностроении / В.П. Быков. – Л. : Изд-во "Машиностроение", 1989. – 255 с.
7. **Кіндрацький Б.І.** Рациональное проектирование машинобудительных конструкций : монография / Б.І. Кіндрацький, Г.Т. Сулим. – Львів : Вид-во КІНТАПРІ, ЛТД, 2003. – 280 с.
8. **Лютий Є.М.** Елементи теорії технічних систем / Є.М. Лютий, М.П. Мартинців, Л.О. Тисовський. – Львів : Вид-во УкрДЛТУ, 2003. – 181 с.

Собко Н.М., Солтис И.Ф. Синтез системы машин для лесозаготовок в горных условиях и оценка эффективности их работы

Приведен анализ работы машин на лесозаготовках в горных условиях. Предложена схема многокритериального синтеза для выбора системы машин. Выведены аналитические зависимости для определения коэффициента готовности системы машин и комплексного показателя эффективности их работы, которая выражает отношение стоимости машин к их фактической производительности.

Sobko N.M., Soltes I.F. Synthesis of the system of machines for logging-offs in mountain terms that estimation of efficiency of their work

The analysis of work of machines is resulted on logging-offs in mountain terms. The chart of multicriterion synthesis is offered for the choice of the system of machines. Analytical dependences are shown out for determination the coefficient of readiness of the system of machines and complex index of efficiency of their work which expresses attitude of cost of machines toward their actual productivity.

УДК 657.1: 630

*Доц. Т.А. Городня, канд. екон. наук;
магістр Т.З. Пизьо – Львівська КА*

ОПТИМІЗАЦІЯ СОБІВАРТОСТІ ПРОДУКЦІЇ ПІДПРИЄМСТВА

Висвітлено питання проблеми обліку витрат і калькулювання собівартості продукції. Визначено фактори пошуку резервів ефективного управління собівартістю продукції. Представлено завдання аналізу собівартості продукції та фактори її зниження, а також наведено розширену схему управління собівартістю продукції.

Сучасна економіка потребує від підприємства підвищення ефективності виробництва, конкурентоспроможності продукції на основі впровадження досягнень науково-технічного прогресу, ефективних форм господа-