

онального лісотехнічного університету, представлену у працях професора Л.І. Копія, доцентів В.І Мокрого та В.П. Оліферчук. Їх завдання полягає у відновленні корінного деревостану, а саме того, що формується в даних природних умовах і характеризується домінуючою породою, яка відповідає певним лісовим умовам. На досліджуваній об'єкт було здійснено дві експедиції з висадження саджанців. Перша – сосни звичайної (*Pinus sylvestris*) та берези повислої (*Betula pendula*), друга – дуба звичайного (*Quercus robur*), дуба скельного (*Quercus retraea*), та дуба червоного (*Quercus gubra*). На жаль, прижилося лише 10 % рослин. Це свідчить про перевищення вмісту важких металів.

Метою дослідження є вивчення біоти ґрунтів з високим вмістом сірки, а саме мікроміцетів, що є відповідальними за утворення гумусу і трансформацію сірковмісних сполук. Провівши фізико-хімічний, мікологічний та системно-морфологічний аналіз ізолятів ґрунту стане можливим описати існуючі родини мікроміцетів та визначити переважаючі види, тобто ті, що трансформують сірку. На їх основі пропонуємо розробити мікоризаційний препарат, що надалі забезпечить високу ефективність відтворення лісових культур на сірковмісних ґрунтах.

### Література

1. Гайдін А.М. Нові озера Львівщини / А.М. Гайдін, І.І. Зогуля. – Вид. 2-ге, [перероб. та доп.]. – Львів : Вид-во ТзОВ "Афіша", 2009. – 103 с.
2. Проект ліквідації сірчанних кар'єрів, відновлення екологічної рівноваги і ландшафту в зоні діяльності Яворівського ДГХП "Сірка" / ВАТ Гірхімпром. – Яворів. – 126 с.
3. Сірчані будні // Галицькі контракти, березень 2008. – Вип. 10. – С. 2.
4. [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://www.girhimprom.narod.ru>
5. [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://www.karelin.org.ua/problemu-yavorivskogo-moгуа/>.
6. [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://www.sulphuricacid.ru> (офіційний сайт Челябінського металургійного заводу).
7. [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://www.yaniv.net.ua>.

### **Тарас У.М. Проблемы рекультивации серного карьера в зоне деятельности Яворовского государственного предприятия "Сирка"**

Исследовано антропогенное влияние горной промышленности на окружающую природную среду. Рассмотрен проект создания на нарушенных землях рекреационных территорий. Установлен ряд проблем, препятствующих рекультивации и облесению берегов, а также приживаемости и роста уже посаженных растений.

**Ключевые слова:** биоразнообразие, рекреационные территории, рекультивация, Яворовский карьер, серные предприятия, облесение берегов.

### **Taras U.M. The revegetation problems of sulphuric pit during activity of the Yavoriv state mines-chemical enterprise**

Anthropogenic influence of mining industry to environment is investigated. The project of creating recreational territories on defected territories is observed. The number of problems that prevented land reclamation, shore afforestation and non getting accustomed to a place already planted plants are established.

**Keywords:** biodiversity, recreational territories, land reclamation, Yavoriv pit, sulphuric plants, shore afforestation.

## **3. ТЕХНОЛОГІЯ ТА УСТАТКУВАННЯ ЛІСОВИРОБНИЧОГО КОМПЛЕКСУ**

УДК 634.0.377

*Проф. М.П. Мартинців, д-р техн. наук;  
доц. І.М. Рудько, канд. техн. наук – НЛТУ України, м. Львів;  
інж. В.М. Мартинців – ТзОВ "НЕО-сервіс", м. Львів*

### **ОСНОВИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ПІДВІСНИХ КАНАТНИХ ЛІСОТРАНСПОРТНИХ УСТАНОВОК**

Розроблено алгоритм проектування та методу створення системи автоматизованого проектування канатних лісотransпортних установок. Запропоновано схему синтезу канатних установок і наведено залежності для визначення критеріїв оцінювання ефективності роботи окремих елементів та установки загалом. Наведено приклади найбільш перспективних типів канатних установок, отримані внаслідок синтезу та оцінення їх конкурентоздатності за критеріями ефективності роботи.

**Ключові слова:** система автоматизованого проектування, канатна лісотransпортна установка, елемент канатної установки, схема синтезу, критерій ефективності роботи.

Канатні лісотransпортні установки є найбільш ефективним видом первинного транспорту деревини під час освоєння гірських і заболочених лісових масивів, де рух інших наземних транспортних засобів утруднений, а в деяких випадках й узагалі неможливий. Складність освоєння таких лісів пов'язана також з їх екологічною значимістю. Тому, залежно від рельєфних умов та складу деревостану, потрібно застосовувати відповідну технологію й спеціальні установки. Часта зміна технологічних схем і схем запасування канатної оснастки потребує використання різних конструкцій установок та індивідуального розрахунку їх основних параметрів. Цієї мети ефективно можна досягнути шляхом використання систем автоматизованого проектування (САПР) підвісних канатних систем.

Автоматизованому проектуванню складних технічних систем присвячені роботи багатьох авторів [1-6]. Якщо ще донедавна можливості САПР обмежувалися низькою швидкістю оброблення інформації і невеликими доступними обсягами пам'яті, то можливості сучасних комп'ютерних систем дають змогу вирішувати найскладніші завдання в найкоротші терміни. Автоматизоване проектування дає змогу значно зменшити суб'єктивізм при прийнятті рішень, підвищити точність розрахунків, обрати оптимальні варіанти конструкцій складних систем на основі математичного аналізу усіх або більшості варіантів проекту з оцінкою технічних, технологічних та економічних характеристик виробництва й експлуатації проектного об'єкта, значно підвищити якість конструкторської документації, повніше використовувати уніфіковані вироби.

САПР – це складний комплекс технічних і програмних засобів й містить технічне, математичне, лінгвістичне, програмне, інформаційне, методичне та організаційне забезпечення. Сучасні системи проектування пред-

ставлені програмними комплексами, які містять засоби тривимірного твердотілого і поверхневого моделювання, а також додаткові модулі структурного аналізу, синтезу та підготовки виробів до виробництва. До базових систем автоматизації проектних робіт належать Unigraphics NX (EDS), CATIA (Dassault Systemes), Pro/ENGINEER (Parametric Technology Corporation). Для проектування окремих деталей та вузлів використовують SolidWorks (SolidWorks Corporation), Autodesk Inventor (Autodesk), Solid Edge (Siemens PLM Software), T-FLEX CAD 3D (Топ Системы), для виконання технічних креслень – AutoCAD (Autodesk), КОМПАС-3D (Аскон), T-FLEX CAD LT (Топ Системы), T-FLEX CAD 2D (Топ Системы).

Створення алгоритму проектування канатних лісотransпортних установок базується на основі:

- 1) даних лісосічного фонду, рельєфних умов, способів рубань, складу деревостанів, розмірів лісосік та запасів деревини;
- 2) результатів інвентаризації лісових доріг;
- 3) використовуваних технологічних схем розробки лісосік й перспективних екологічно ощадних технологій;
- 4) наявних систем машин для освоєння лісових масивів з урахуванням можливості застосування канатних установок;
- 5) обґрунтування типу, вантажопідймальності та основних техніко-економічних показників роботи установки.

Для забезпечення можливості автоматизованого проектування канатних систем потрібно створити бази даних основних елементів канатних установок: канатного оснащення, приводів, вантажних кареток, штучних опор, щогл, анкерів, канатно-блокових систем, кріпильних конструкцій і матеріалів, контрольно-вимірювального та монтажно-демонтажного обладнання. Зокрема на базі SolidWorks можна створити такі бібліотеки (бази даних); фізико-механічні характеристики матеріалів при цьому можуть бути встановлені з використанням модуля COSMOSXpress.

На основі технологічної схеми освоєння лісосіки та системи застосовуваних машин обґрунтовують тип канатної установки та вибирають з бази даних її структурні елементи. Використовуючи прикладні програми, виконують компонування основних елементів, перевірку їх працездатності та техніко-економічне обґрунтування прийнятого варіанта.

Для створення канатної лісотransпортної установки, яка відповідає потребам технологічного процесу, необхідне виконання синтезу її структурних елементів (рис. 1). Метою синтезу є визначення структури канатної установки, кількості її елементів та способу зв'язків між ними. Створення структури канатної лісотransпортної установки під час функціонально-модульного проектування передбачає розгляд основних процедур

$$LU = \langle A, S, P, O, R \rangle, \quad (1)$$

де: *LU* – лісотransпортна установка; *A* – аналіз задачі проектування та вибір типу канатної установки; *S* – синтез окремих варіантів на базі відомих елементів; *P* – порівняння окремих варіантів та відхилення неперспективних;

*O* – обґрунтування основних параметрів елементів вибраної для проектування канатної установки; *R* – розроблення технічної документації.

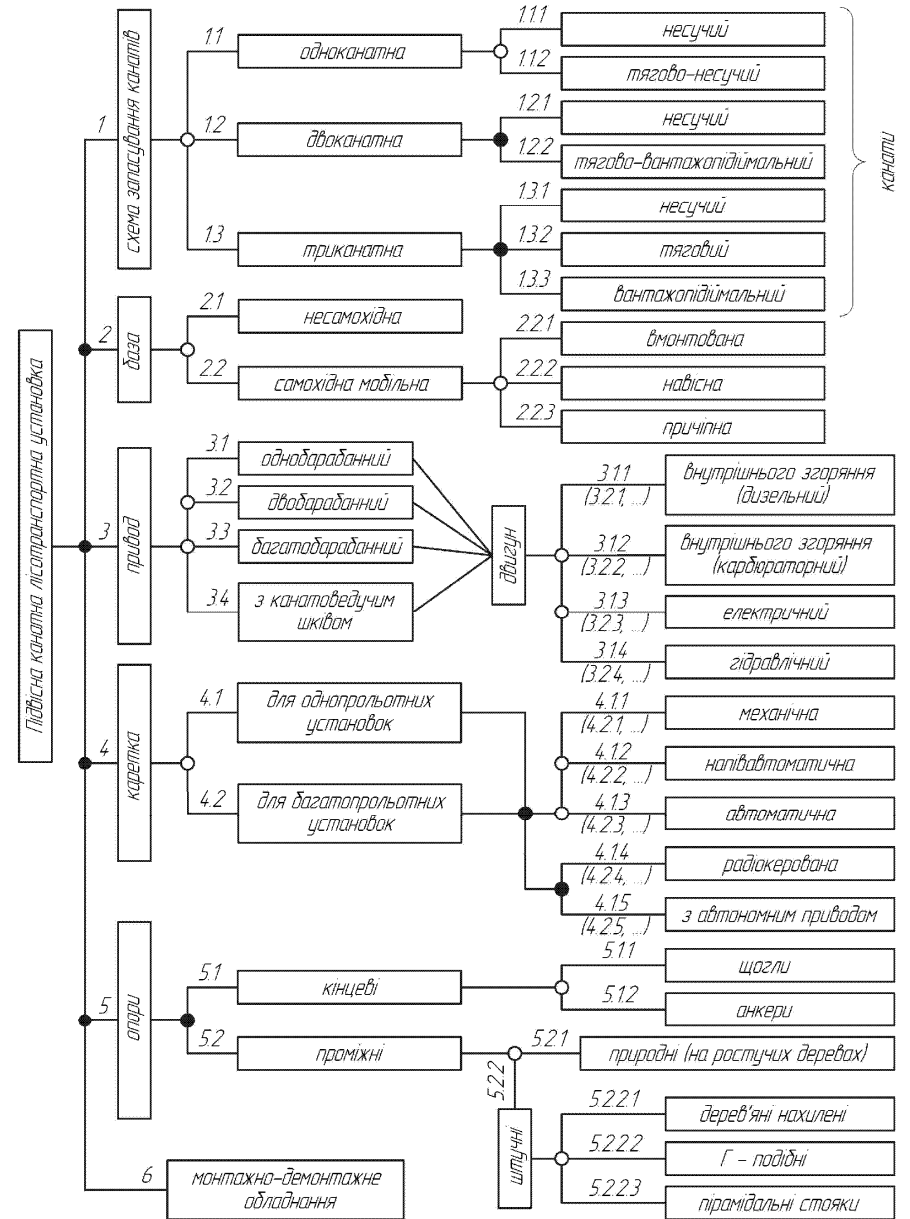


Рис. 1. Схема синтезу підвісної канатної установки: ● – логічна операція "і" (AND), ○ – логічна операція "або" (OR)

На першому етапі виконують аналіз систем та конструкцій канатних лісотранспортних установок [7-9]. При виборі канатних систем залежно від поставленого завдання розв'язують задачі різної складності:

- 1) вибирають найбільш ефективну канатну установку;
- 2) розробляють канатну установку на базі наявного транспортного засобу (лебідки) та основних елементів (приводів, кареток, опор);
- 3) розробляють окремі елементи з метою модернізації базових установок;
- 4) створюють принципово нові канатні лісотранспортні системи з обґрунтуванням їх основних параметрів та розробленням складових частин.

Залежно від поставленого завдання вибирають різні типи синтезованих структур та методи їх оптимізації. Ефективним методом синтезу та дискретної оптимізації з мінімальними вимогами до виду, властивостей функції мети  $f(x)$  та наявних обмежень є метод гілок і меж [5, 6].

На рис. 1 наведено схему синтезу канатної лісотранспортної установки, де зазначено її основні елементи. Залежно від призначення вибирають певні типи елементів, параметри яких необхідно узгодити. Спочатку створюють варіант синтезованої системи, яка складається з певних елементів. Для кожного елемента канатної системи визначають нижню межу розв'язку, після чого встановлюють оптимальний результуючий розв'язок

$$f(x_1) = \min_{x \in M} f(x), \quad (2)$$

де:  $x_1$  – оптимальний розв'язок для певного елемента;  $f(x)$  – функція мети заданого елемента;  $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$  – змінні параметри елемента канатної установки;  $M$  – скінченна множина елементів певного типу.

Скінченну множину розбивають на підмножини, для яких перевіряють наявність оптимального розв'язку. Під час формування альтернативних варіантів канатних систем необхідно для кожного з них розв'язати задачу векторної оптимізації, яку в загальному можна представити в такому виді:

$$M = \left\{ \begin{array}{l} f_i(x) \rightarrow \min_{x \in M}; \quad (i = \overline{1, n}); \\ x \in K^m \mid y_i(x) \leq 0; \quad y_i(x) = 0; \quad (i = \overline{1, k}); \\ (i = \overline{k+1, \ell}); \quad a_j \leq x_j \leq b_j; \quad (j = \overline{1, z}), \end{array} \right. \quad (3)$$

де:  $f_i(x)$  – часткові критерії якості окремих елементів;  $x$  – вектори основних параметрів елементів;  $M$  – множина допустимих розв'язків;  $y_i(x)$  – функції обмеження;  $k, \ell$  – кількість заданих обмежень;  $a_j, b_j$  – відповідно верхня та нижня межі зміни параметрів;  $z$  – загальна кількість проектних параметрів.

Сформувавши множину альтернативних варіантів канатних лісотранспортних установок, обчислюють значення локальних критеріїв якості, що є комплексними критеріями оцінки роботи всіх елементів установки. За комплексними критеріями вибирають оптимальні варіанти, які задовольняють умови проектування. Комплексний критерій можна визначити на основі функції сумарної корисності [5]

$$f(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sum_{i=1}^n y_i z_i(x_i), \quad (4)$$

де:  $y_i$  – сталі значення параметрів елемента;  $z_i$  – змінні функції корисності  $i$ -го критерію.

Формування комплексного критерію передбачає наявність для усіх критеріїв однакової шкали вимірювання. Основні критерії вибору окремих елементів та комплексні критерії вибору канатної установки зазначено на рис. 2.

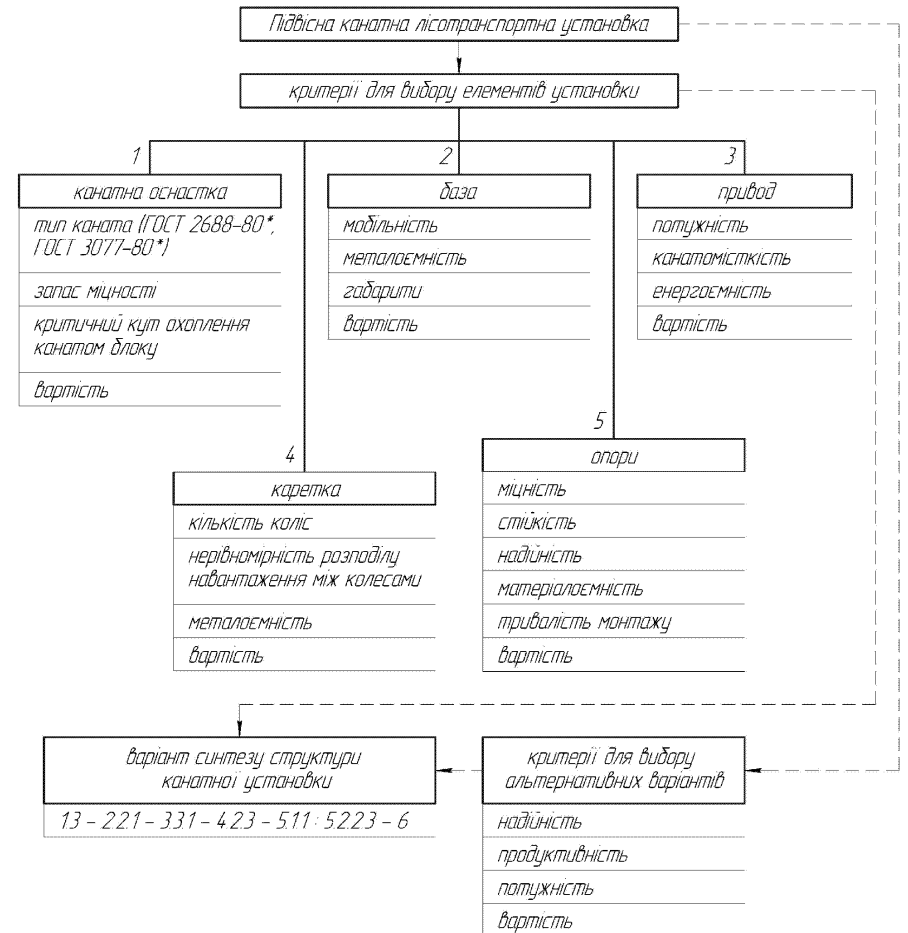


Рис. 2. Дискретна оптимізація структури та варіант синтезу підвісної канатної установки

На основі теорії сумарної корисності можна визначити комплексний критерій вибору канатної установки

$$K_{yem} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m r_i \cdot w_{ij}^j \cdot v_j, \quad (5)$$

де:  $r_i$  – ваговий коефіцієнт  $i$ -го елемента канатної установки ( $i=1, 2, \dots, n$ );  $w_{ij}^j$  – значення функції корисності, яке відповідає значенню критерію окремого елемента;  $v_j$  – ваговий коефіцієнт  $j$ -го критерію.

Для пошуку оптимальних значень основних параметрів канатної установки можна використати метод невизначених множників Лагранжа. При цьому утворюють допоміжну функцію

$$\Phi(x_i) = f(x_i) + y[F(x_i) - z_i], \quad (6)$$

де:  $\Phi(x_i) \leq z_i$ , ( $i=1 \div n$ ) – певні обмеження функції;  $f(x_i)$  – узагальнений критерій;  $y$  – невизначений множник.

Для пошуку оптимальних значень прирівнюють до нуля всі частинні похідні цієї функції за критеріями  $x_i$

$$\frac{\partial \Phi(x_1, x_2, \dots, x_n)}{\partial x_j} = \frac{\partial f(x_1, x_2, \dots, x_n)}{\partial x_j} + y \frac{\partial F(x_1, x_2, \dots, x_n)}{\partial x_j}, \quad (7)$$

де  $j = n-1$ .

Внаслідок розкриття залежності (7) отримують систему  $n$  рівнянь з  $n+1$  невідомими (для її розв'язування необхідно додатково врахувати обмеження функції). Розв'язок системи рівнянь дає оптимальні значення часткових критеріїв і екстремум узагальненого критерію. Часткові розв'язки рівнянь та критерії оцінки ефективності для окремих елементів канатних систем (канатної оснастки, приводів, вантажних кареток, опор) опубліковано в низці наших наукових праць [8, 10-15].

Для визначення основних параметрів залежно від умов експлуатації канатної установки її рух можна описати рівнянням Лагранжа другого роду

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial T}{\partial \dot{q}_j} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_j} + \frac{\partial \Pi}{\partial q_j} + \frac{\partial \Phi}{\partial \dot{q}_j} = Q_j, \quad (8)$$

де:  $T, \Pi$  – відповідно кінетична та потенціальна енергії системи;  $\Phi$  – дисипативна функція Релея;  $Q_j$  – узагальнена сила;  $q_j$  – узагальнені координати.

За узагальнені координати необхідно прийняти  $q_1 = \alpha_{1i}$ ,  $1 \leq i \leq n_1$  ( $n_1$  – кількість обвідних блоків тягового каната);  $q_2 = \alpha_{2k}$ ,  $1 \leq k \leq n_2$  ( $n_2$  – кількість обвідних блоків вантажопідіймального каната);  $q_3 = \varphi_1$ ,  $q_4 = \varphi_2$  ( $\varphi_1, \varphi_2$  – кути повороту барабанів відповідно тягового і вантажопідіймального канатів);  $q_5 = y$ ;  $q_6 = x$ .

Рівняння (8) побудовано в межах таких припущень:

- форма провисання несучого каната описується ланцюговими лініями, що перетинаються в точці зосередженого завантаження (вантажна каретка);
- вплив проміжних і кінцевих опор на зміну жорсткості системи враховано за допомогою зведеного модуля пружності системи канат-опори;

- вплив коливань несучого каната на роботу системи "вантажна каретка – тяговий і вантажопідіймальний канати – привод" враховано за допомогою зведеного коефіцієнта жорсткості;
- поперечні коливання канатів лісотransпортних установок розглядаються у вертикальній площині;
- обертові маси привода зведені до вала двигуна;
- дисипативна функція має лінійний характер і залежить від коефіцієнта опору рухові окремих елементів установки.

Кінетична енергія канатної установки

$$T = \frac{1}{2} I \cdot \dot{\varphi}^2 + \frac{1}{2} m_e \cdot (\dot{x}^2 + \dot{y}^2) + \frac{1}{2} a \cdot \dot{y}^2, \quad (9)$$

де:  $\dot{x} = \frac{dx}{dt}$ ,  $\dot{y} = \frac{dy}{dt}$ ,  $\dot{\varphi} = \frac{d\varphi}{dt}$  – узагальнені швидкості;  $I$  – зведений до вала двигуна момент інерції;  $m_e$  – маса вантажу;  $a$  – характеристика каната [8, 10].

$$a = \frac{q}{x^2} \left( I_1 \left( \frac{x-C_2}{C_1} \right) - I_1 \left( -\frac{C_2}{C_1} \right) \right) + \frac{q}{(x-L)^2} \left( I_2 \left( \frac{L-C_2}{C_1} \right) - I_2 \left( \frac{x-C_2}{C_1} \right) \right); \quad (10)$$

$$I_1(t) = C_1 \cdot C_2^2 \cdot sht + 2C_1^2 \cdot C_2 \cdot (t \cdot sht - cht) + C_1^3 \cdot ((t^2 + 2) \cdot sht - 2t \cdot sht); \quad (11)$$

$$I_2(t) = C_1 \cdot (C_2 - L)^2 \cdot sht + 2C_1^2 \cdot (C_2 - L) \cdot (t \cdot sht - cht) + C_1^3 \cdot ((t^2 + 2) \cdot sht - 2t \cdot cht), \quad (12)$$

де:  $q$  – погонна вага каната;  $sht, cht$  – відповідно гіперболічний синус і косинус;  $L$  – відстань між опорами канатної установки;  $x$  – відстань від нижньої опори до вантажної каретки;  $C_1, C_2$  – сталі, що залежать від величини прольоту та довжини несучого каната [8].

Потенціальну енергію підвісної системи

$$\Pi = \Pi_1 + \Pi_2 + \Pi_3, \quad (13)$$

де:  $\Pi_1 = \frac{1}{2} C_1 \cdot (\varphi \cdot R_\delta - x)^2$  – потенціальна енергія пружних частин привода;  $C_1$  – зведений коефіцієнт жорсткості лінії передач привода;  $\Pi_2 = m_e \cdot q \cdot y$  – потенціальна енергія вантажу;  $\Pi_3 = C_2 \cdot y \cdot (f_0 + y/2)$  – потенціальна енергія каната;  $C_2$  – зведений коефіцієнт жорсткості каната;  $f_0$  – статичний прогин каната. Дисипативну функцію можна визначити за формулою [10]

$$\Phi = \frac{1}{2} \nu \cdot B_\kappa \cdot (\dot{x} - \dot{\varphi} \cdot R_\delta)^2 + m_e \cdot q \cdot \eta \cdot \dot{x}^2 + t_e \cdot \varepsilon \cdot \dot{y}^2, \quad (14)$$

де:  $\nu$  – коефіцієнт опору рухові каната під час набігання його на барабан лебідки;  $B_\kappa$  – згинальна жорсткість каната;  $\eta$  – коефіцієнт опору рухові вантажу;  $t_e$  – натяг тягового каната;  $\varepsilon$  – коефіцієнт опору при огинанні канатом блока. Узагальнена сила



$$Q_j = \frac{1}{\omega_1} \cdot (M_1 - m \cdot q \cdot r_1) \frac{d\varphi_1}{dt} + \frac{1}{\omega_2} \cdot (M_2 - m \cdot q \cdot r_2) \frac{d\varphi_2}{dt} + \frac{1}{v} \cdot \left( m \cdot q - C_{суст} \cdot y \pm \frac{m d^2y}{dt^2} \right) \frac{dy}{dt}, \quad (15)$$

де:  $\omega_1, \omega_2$  – кутові швидкості барабанів лебідки;  $M_1, M_2$  – обертові моменти на валах барабанів;  $r_1, r_2$  – радіуси барабанів;  $m$  – маса вантажу, що підіймається (транспортується);  $C_{суст}$  – зведена жорсткість системи "канат – опори – вали барабанів лебідки".

Розв'язати отримані рівняння можна з застосуванням математичних пакетів Mathcad Professional (MathSoft, Inc.) чи Mathematica (Wolfram Research). Диференціальні рівняння доцільно розв'язувати за допомогою методу Гальоркіна [16].

Штучні кінцеві та проміжні опори – це просторові конструкції. Для оцінки міцності таких конструкцій їх необхідно статично зафіксувати з метою активного завантаження. До розрахункової тривимірної моделі опори необхідно прикласти в'язі, що унеможливають переміщення та обертання відносно осей  $x, y, z$ . Розрахунок опор можна виконувати з застосуванням прикладного модуля COSMOSXpress програмного комплексу SolidWorks. При лінійному статичному розрахунку приймають лінійне співвідношення між деформаціями і переміщеннями всередині елемента. Для організації САПР необхідно створити відповідне методичне забезпечення [17].

Під час розгляду альтернативного варіанту канатної установки необхідно оцінити основні критерії її роботи (рис. 2). Надійність роботи установки оцінюється імовірністю безвідмовної роботи [18], яку можна представити у вигляді композиції нормальних розподілів силових факторів

$$R = P(\xi > 0) = \int_0^\infty \frac{1}{\sqrt{2\pi \cdot (S_1^2 + S_2^2)}} \cdot \exp\left[-\frac{\xi - (m_1 - m_2)^2}{2(S_1^2 + S_2^2)}\right] d\xi, \quad (16)$$

де:  $R$  – гранично допустиме навантаження;  $S_1, S_2; m_1, m_2$  – відповідно середні квадратичні відхилення та математичні очікування граничного і діючого навантажень;  $\xi$  – функція розподілу граничного навантаження.

Інтеграл (16) можна виразити через функцію Лапласа, тоді

$$R = \Phi\left(\frac{m_1 + m_2}{\sqrt{S_1^2 + S_2^2}}\right), \quad (17)$$

де:  $\Phi$  – функція Лапласа.

Визначивши математичні очікування навантажень, розраховують квантілі нормальних розподілів

$$U_p = -\frac{\bar{n} - 1}{\sqrt{(\bar{n} \cdot v_1)^2 + v_2^2}}, \quad (18)$$

де:  $v_1, v_2$  – коефіцієнти варіації відповідних математичних очікувань;  $\bar{n}$  – умовний запас міцності за середнім значенням несучої здатності і навантаження (для нормальної роботи установки необхідно забезпечити виконання умови  $U_p < 0$ ). Необхідна потужність канатної установки визначається величиною зовнішнього навантаження і обмежується зовнішньою характеристикою двигуна

$$N_e = \frac{M_e \cdot \pi \cdot n}{30 \eta}, \quad (19)$$

де:  $N_e$  – ефективна потужність двигуна;  $M_e$  – ефективний обертовий момент на валу двигуна;  $n$  – частота обертання вала двигуна, об/хв;  $\eta$  – коефіцієнт корисної дії привода установки.

Діапазони можливих значень ефективного обертового моменту і ефективної потужності двигуна обмежуються кривими  $M_e$  та  $N_e$  (тягова характеристика), а також  $M_z$  і  $N_z$  (гальмівна характеристика). На графіках (рис. 3)  $M_m$  і  $N_m$  – відповідно максимальні значення обертового моменту і потужності двигуна;  $n_{min}$  і  $n_{max}$  – мінімальна та максимальна допустимі частоти обертання вала двигуна.

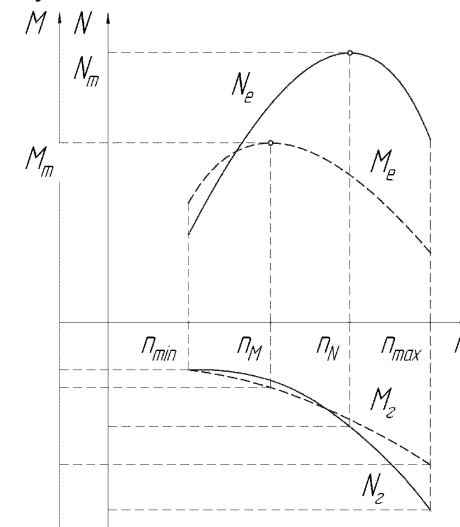


Рис. 3. Приклад зовнішніх швидкісних тягових та гальмівних характеристик двигуна

Криві  $M = M_e(n)$  і  $N = N_e(n)$  характеризують зміну обертового моменту і потужності двигуна залежно від частоти обертання його вала  $n$  (зовнішні швидкісні характеристики двигуна). Криві  $M = M_z(n)$  і  $N = N_z(n)$  відображають характеристики двигуна на гальмівних режимах.

Продуктивність канатної установки визначають за формулою

$$P_{zm} = \frac{(T - \Delta t) \cdot Q_k \cdot k_1 \cdot k_2}{t_y}, \quad (20)$$

де:  $T$  – повний робочий час зміни;  $\Delta t$  – підготовчо-заключний час;  $Q_k$  – корисне номінальне навантаження;  $k_1$  і  $k_2$  – коефіцієнти використання відповідно робочого часу та вантажопідймальності установки;  $t_y$  – час одного робочого циклу установки.

Досягти підвищення продуктивності установки можна, в основному, за рахунок збільшення корисного навантаження та зменшення часу циклу роботи установки. Підвищення продуктивності установки дасть змогу знизити собівартість кубометра заготовленої деревини та збільшити конкурентоздатність певного типу установки.

Собівартість роботи транспортної машини

$$C = q_e \cdot \left( A + \frac{B}{K_e} \right), \quad (21)$$

де:  $q_e$  – питома енергоємність процесу;  $A$  – енергетично-вартісний показник, який визначає питомі затрати на амортизацію і пальне відносно однієї кіловат-години;  $B$  – питомий вартісний показник затрат на заробітну плату і технічне обслуговування відносно однієї людино-години;  $K_e$  – фактор енергонасиченості праці.

Розроблення алгоритму проектування, формування бібліотеки наявних та перспективних елементів, комплектуючих деталей і матеріалів, а також використання відповідного програмного забезпечення дасть змогу створити систему автоматизованого проектування канатних лісотransпортних установок.

Залежно від технологічної схеми освоєння лісосіки та умов роботи установок, можна запропонувати на основі синтезу декілька варіантів канатних систем. Аналіз критеріїв оцінки ефективності основних елементів та установки загалом дасть змогу вибрати найбільш перспективний з представлених альтернативних варіантів.

## Література

1. Соломенцев Ю.М. Автоматизированное проектирование и производство в машиностроении / Ю.М. Соломенцев, В.Г. Митрофанова. – М. : Изд-во "Машиностроение", 1986. – 254 с.
2. Білік Б.В. Проектування самохідних лісових машин / Б.В. Білік. – Львів : Вид-во УкрДЛТУ, 1998. – 140 с.
3. Гроп Д. Методи ідентифікації систем / Д. Гроп. – М. : Изд-во "Мир", 1979. – 304 с.
4. Лютий С.М. Елементи теорії технічних систем / С.М. Лютий, М.П. Мартинців, Л.О. Тисовський. – Львів : Вид-во УкрДЛТУ, 2003. – 181 с.
5. Кіндрацький Б.І. Рациональне проектування машинобудівельних конструкцій / Б.І. Кіндрацький, Г.Т. Сулим. – Львів : Вид-во КІНПАТРИ ЛТД, 2003. – 280 с.
6. Каримов З.Г. Автоматизированное проектирование конструкций / З.Г. Каримов, С.А. Багиров. – М. : Изд-во "Машиностроение", 1985. – 224 с.
7. Адамовський М.Г. Підвісні канатні лісотransпортні системи / М.Г. Адамовський, М.П. Мартинців, Й.С. Бадера. – К. : Вид-во ІЗМН, 1997. – 156 с.

8. Мартинців М.П. Розрахунок основних елементів підвісних канатних лісотransпортних установок / М.П. Мартинців. – К. : ВК "Ясмина", 1996. – 175 с.
9. Сабадырь А.И. Мобильные канатные лесотransпортные системы / А.И. Сабадырь, В.Л. Коржов // Оборудование и инструмент для профессионалов. – 2004. – № 9. – С. 20-24.
10. Мартинців М.П. Динаміка та надійність підвісних канатних систем / М.П. Мартинців, Б.В. Сологуб, М.В. Матішшин. – Львів. : Вид-во НУ "Львівська політехніка", 2011. – 188 с.
11. Мартинців М.П. Про особливості роботи несучих канатів багатопрольотних канатних лісотransпортних установок в зоні опорного башмака / М.П. Мартинців, І.М. Рудько, М.В. Матішшин // Науковий вісник УкрДЛТУ : зб. наук.-техн. праць. – Сер.: Сучасні теоретичні розробки в деревообробному і меблевому виробництві. – Львів : Вид-во УкрДЛТУ. – 2002. – Вип. 12.5. – С. 173-178.
12. Матішшин М.В. Підвищення надійності канатних лісотransпортних систем / М.В. Матішшин, М.П. Мартинців, І.М. Рудько // Проблеми трибології : Міжнар. наук. журнал. – Хмельницький : Вид-во ТУ "Поділля", 2003. – № 1. – С. 44-47.
13. Мартинців М.П. Удосконалення основних елементів канатних лісотransпортних установок та обґрунтування їх параметрів / М.П. Мартинців, В.В. Бариліак, І.В. Бичинюк // Промислова гідравліка і пневматика : Всеукр. наук.-техн. журнал. – Вінниця. – 2010. – № 2 (28). – С. 24-27.
14. Малащенко В.О. Обґрунтування конструктивно-силових характеристик проміжних опор підвісних транспортних систем / В.О. Малащенко, М.П. Мартинців, І.В. Бичинюк // Підійомно-transportна техніка : наук.-техн. та виробн. журнал. – Дніпропетровськ. – 2006. – № 1. – С. 1-9.
15. Малащенко В.О. Дослідження роботи приводів вантажопідймальних і транспортуючих машин з канатною тягою / В.О. Малащенко, М.П. Мартинців, В.В. Бариліак // Підійомно-transportна техніка : наук.-техн. та виробн. журнал. – Дніпропетровськ, 2004. – № 2. – С. 16-25.
16. Флетчер К. Численные методы на основе метода Галеркина : пер. с англ. / К. Флетчер. – М. : Изд-во "Мир", 1988. – 352 с.
17. Быков В.П. Методическое обеспечение САПР в машиностроении / В.П. Быков. – Л. : Изд-во "Машиностроение", 1989. – 255 с.
18. Решетов Д.Н. Надежность машин / Д.Н. Решетов, А.С. Иванов, В.З. Фадеев. – М. : Изд-во "Высш. шк.", 1988. – 238 с.

## **Мартинців М.П., Рудько І.М., Мартинців В.М. Основи автоматизованого проектування підвісних канатних лесотransпортних установок**

Разработаны алгоритм проектирования и методика создания системы автоматизированного проектирования канатных лесотransпортных установок. Предложена схема синтеза канатных установок и приведены зависимости для определения критериев оценки эффективности работы отдельных элементов и установки в целом. Приведены примеры наиболее перспективных типов канатных установок, полученные в результате синтеза и оценки их конкурентоспособности по критериям эффективности работы.

**Ключевые слова:** система автоматизированного проектирования, канатная лесотransпортная установка, элемент канатной установки, схема синтеза, критерий эффективности работы.

## **Martyniv M.P., Rud'ko I.M., Martyniv V.M. Bases of the automated design of suspended rope systems for wood transportation**

The algorithm of design and technique of creation of system of the automated design of rope systems are developed for wood transportation. The scheme of synthesis of rope systems is offered and criteria of estimation of overall performance of separate elements and system as a whole are defined. Examples of the most perspective types of the rope systems, received as a result of synthesis and an assessment of their competitiveness behind criteria of overall performance are given.

**Keywords:** system of the automated design, rope system for wood transportation, element of rope system, synthesis scheme, criterion of overall performance.