

3. ТЕХНОЛОГІЯ ТА УСТАТКУВАННЯ ЛІСОВИРОБНИЧОГО КОМПЛЕКСУ

УДК 630*377.2

Проф. М.П. Мартинців, д-р техн. наук;
доц. І.М. Рудько, канд. техн. наук; асист. В.В. Баріляк – НЛТУ України,
м. Львів; викл. І.В. Бичинюк – Львівський ДУВС

РОЗРОБЛЕННЯ МОДЕЛЕЙ ТА МЕТОДІВ АНАЛІЗУ РОБОТИ КАНАТНИХ ЛІСОТРАНСПОРТНИХ УСТАНОВОК І ПЕРСПЕКТИВИ ЇХ РОЗВИТКУ

Проаналізовано конструкційні особливості канатних лісотransпортних установок, схеми канатної оснастки та методи розрахунку їх основних елементів (канатів, приводів, вантажних кареток, опор). Наведено залежності для визначення основних параметрів канатних установок (отримані з використанням рівняння ланцюгової лінії, рівняння руху віток каната, рівняння Лагранжа II роду) та перелік прикладних програм для розрахунку та конструювання їх окремих елементів. Зазначено можливі шляхи удосконалення конструкцій канатних установок та перспективи розвитку канатного лісопромислового транспорту.

Ключові слова: аналіз конструкцій канатних лісотransпортних установок, схеми канатної оснастки, методи розрахунку, математичні моделі, прикладні програми.

Освоєння гірських лісових масивів необхідно виконувати із забезпеченням збереження екологічних систем, що утворилися протягом багатьох років. У гірських умовах необхідно особливо ретельно вести лісоексплуатацію з застосуванням лісозаготівельних технологій на базі сучасних машин, які дають змогу зберегти екологічний потенціал регіону. Для трелювання деревини до навантажувальних пощадок на крутих схилах чи через природні перешкоди (річки, яри, балки тощо) найбільш ефективними є підвісні канатні установки [1, 2]. При цьому для ефективного використання канатних установок необхідно правильно вибрати їх тип залежно від природних умов і прийнятих технологічних схем освоєння лісосік, а також обґрунтувати експлуатаційні параметри та раціональні режими роботи.

Параметричний аналіз дає змогу обґрунтувати вибір основних параметрів складових елементів канатних систем, забезпечивши їх проектні характеристики загалом згідно з заданим технологічним процесом [3, 4].

Під час розроблення технологічних схем освоєння лісосік і проектування відповідних транспортних засобів необхідно враховувати вимоги чинних нормативних документів та законів України [5-9]. У цілому законодавчі акти України направлені на підвищення захисних функцій гірських лісів та зниження інтенсивності лісоексплуатації. При цьому перевага надається рубкам догляду, а суцільні рубки в окремих типах лісів повністю заборонені. Першочергове значення надається природному відновленню лісів.

У такому разі важливим є ефективне застосування канатних систем різних конструкцій з типовими схемами канатної оснастки (рис. 1-5).

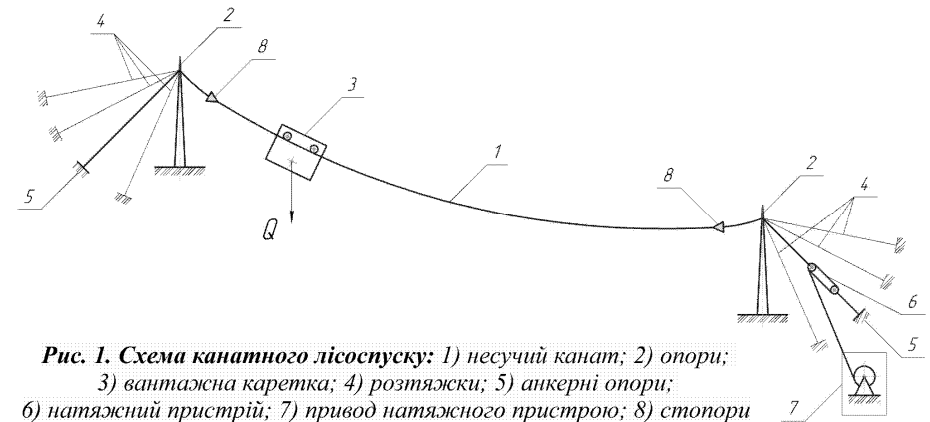


Рис. 1. Схема канатного лісопущу: 1) несучий канат; 2) опори; 3) вантажна каретка; 4) розтяжки; 5) анкерні опори; 6) натяжний пристрій; 7) привод натяжного пристрою; 8) стопори

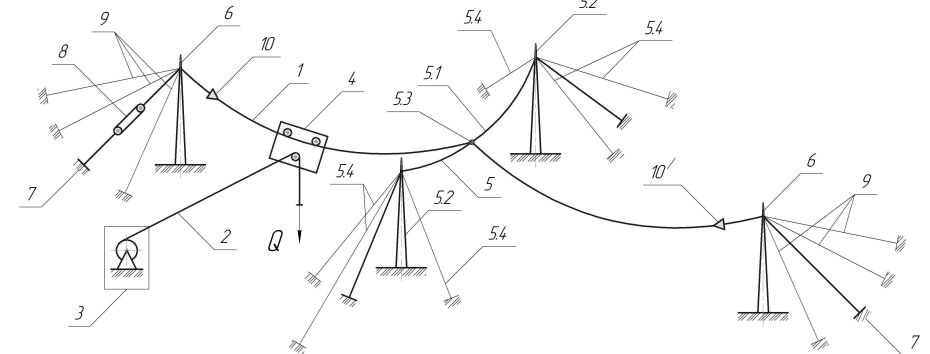


Рис. 2. Схема двоканатної підвісної лісотransпортної установки: 1) несучий канат; 2) тягово-вантажопідіймальний канат; 3) привод (однорабанна лебідка); 4) напівавтоматична вантажна каретка; 5) проміжна опора та елементи проміжної опори: 5.1) канат, 5.2) цюгли, 5.3) башмак, 5.4) розтяжки; 6) кінцеві цюгли; 7) анкерні опори; 8) натяжний пристрій несучого каната (поліспасти); 9) розтяжки; 10 і 10') відповідно верхні та нижні стопори

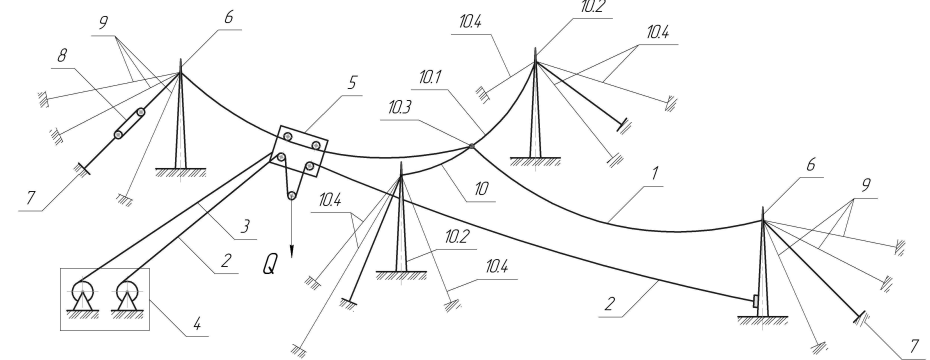


Рис. 3. Схема триканатної підвісної лісотransпортної установки: 1) несучий канат; 2) вантажопідіймальний канат; 3) тяговий канат; 4) привод; 5) вантажна

каретка; 6) кінцеві щогли; 7) анкерні опори; 8) натяжний пристрій (поліспасть); 9) розтяжки; 10) проміжна опора та її елементи: 10.1) канат, 10.2) щогли, 10.3) башмак, 10.4) розтяжки

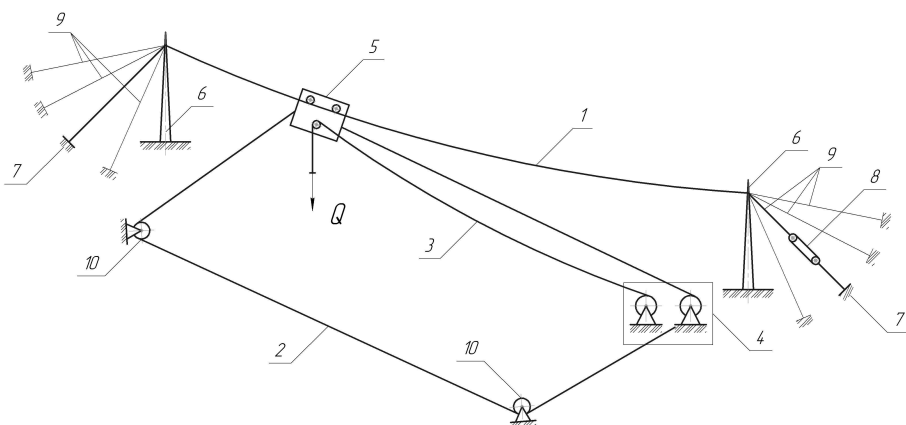


Рис. 4. Схема триканатної підвісної лісотransпортної установки зі замкненим тяговим канатом: 1) несучий канат; 2) замкнений тяговий канат; 3) вантажопідіймальний канат; 4) привод (двобарабанна лебідка); 5) вантажна каретка; 6) кінцеві щогли; 7) анкерні опори; 8) натяжний пристрій (поліспасть); 9) розтяжки; 10) напрямні блоки

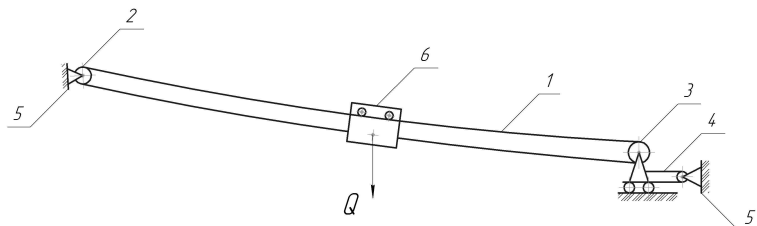


Рис. 5. Схема підвісної лісотransпортної установки з тягово-несучим канатом: 1) тягово-несучий канат; 2) напрямний блок; 3) ведучий блок та привод; 4) натяжний пристрій; 5) кінцеві опори; 6) вантажна каретка

Залежно від технологічної схеми освоєння лісосіки вибирають канатну установку з відповідною схемою канатної оснастки або систему канатних установок (наприклад трельовальна мобільна і багатопрольотна транспортна установка можуть працювати в парі). До основних елементів канатних установок належать канатна оснастка, привод, вантажна каретка і опори. Аналіз існуючих досліджень показав, що канати розраховують за розривним зусиллям. Умова міцності для розрахунку канатів має вигляд

$$T_{розр} \geq T_{\max} \cdot n, \quad (1)$$

де: $T_{розр}$ – розривне зусилля каната (згідно зі стандартом); T_{\max} – максимальний натяг каната; n – коефіцієнт запасу міцності каната.

Тому однією з основних задач розрахунку канатів є визначення їх максимального експлуатаційного натягу. Криві провисання канатів з достатньою для

інженерних розрахунків точністю моделюють ланцюговими лініями [2, 10, 11], рівняння яких має вигляд

$$y_k \geq C_{1i} \cdot ch \frac{x_k - C_{2i}}{C_{1i}} - C_{3i}, \quad (2)$$

де: i – номери віток каната; k – координати граничних точок; C_{1i} – параметри ланцюгових ліній; C_{2i}, C_{3i} – коефіцієнти ланцюгових ліній.

Для урахування динамічних навантажень розраховують згинальну та розтяжну жорсткості канатів [12-15].

$$B_k \geq \psi \cdot \sigma_p \cdot E_k \cdot I_o, \quad (3)$$

де: B_k – згинальна жорсткість каната; ψ – коефіцієнт, що залежить від конструкції каната; σ_p – напруження розтягу, що виникають в поперечному перерізі каната; E_k – ефективний модуль пружності каната; I_o – момент інерції каната.

$$\sigma_p \approx T/A_{мет},$$

де: T – натяг каната; $A_{мет}$ – розрахункова площа перерізу дротин каната.

Професор М.Ф. Глушко [12] запропонував залежність, що встановлює зв'язок між коефіцієнтом жорсткості канатів k_ϵ і коефіцієнтом ψ :

$$k_\epsilon = \sqrt{E_k \cdot \psi / \gamma}, \quad (4)$$

де: γ – коефіцієнт, що враховує ступінь заповнення поперечного перерізу каната металом, $\gamma = \frac{4A_{мет}}{\pi \cdot d_k^2} < 1$.

Згідно з дослідженнями К.М. Масленникова [14, 15] для канатів хрестового звивання

$$k_\epsilon = (63 + T_p^{0.9}) \cdot \frac{d_k^{1.75}}{D^{1.5}}, \quad (5)$$

де: d_k – діаметр каната, мм; D – діаметр блока (барабана), мм; T_p – маса, еквівалентна розривному зусиллю каната, m .

Ефективний модуль пружності канатів визначають за емпіричною формулою [1]

$$E_k = \left(1,63 + \frac{0,48}{n}\right) \cdot \frac{q}{A_{мет}} \cdot 10^6, \quad (6)$$

де q – вага погонного метра каната.

Зусилля у вітках рухомого каната визначають з урахуванням їх поздовжніх коливань. Рівняння руху віток каната записують у виді

$$\frac{v_i^2}{\ell_i^2} \cdot \frac{\partial^2 x_i}{\partial \xi_i^2} - \frac{\partial^2 x_i}{\partial t^2}, \quad (i=1, 2, \dots, m), \quad (7)$$

де: x_i – поступальне переміщення поперечного перерізу вітки каната; v_i – швидкість поширення хвилі пружних деформацій; ξ_i – відносна поздовжня координата, $\xi_i = x_i / \ell_i$; t – час; m – кількість вантажів на вітці.

$$v_i = \sqrt{E_k / \rho}, \quad (8)$$

де ρ – еквівалентна щільність каната.

Розв'язки рівняння руху (7) знаходять у вигляді

$$U_i = U_i(\xi) \cdot \cos(\omega \cdot t), \quad (i=1, 2, \dots, m), \quad (9)$$

де: $U_i(\xi)$ – амплітуда функції переміщень; ω – циклічна частота коливань.

Тоді поздовжню силу розтягу T_i у довільному поперечному перерізі вітки каната визначають з виразу

$$T_i = E_k \cdot A_{мет} \cdot \frac{\partial U_i}{\partial x_i}. \quad (10)$$

Привод канатної установки також належить до її основних та найбільш відповідальних елементів. Практика виробничої експлуатації доводить, що навіть багатобарабанні лебідки одночасно виконують не більше двох різних операцій, тобто одночасно працює не більше двох робочих барабанів [16]. Тому розрахункову схему привода представляють у вигляді чотиримасової системи (рис. 6).

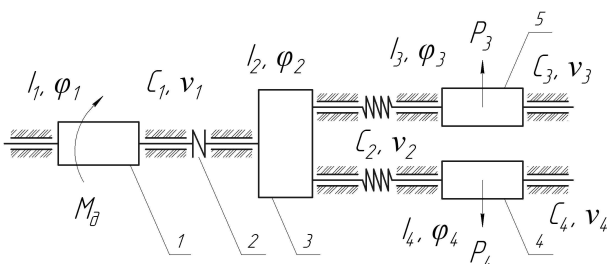


Рис. 6. Розрахункова схема привода: 1) двигун; 2) муфта з'єднання; 3) передача; 4) і 5) робочі барабани

Рівняння руху елементів привода записують у вигляді рівняння Лагранжа II роду [16-18]:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_j} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_j} + \frac{\partial \Pi}{\partial q_j} + \frac{\partial \Phi}{\partial \dot{q}_j} = Q_j, \quad (11)$$

де: T і Π – відповідно кінетична і потенціальна енергії системи; Φ – дисипативна функція Релея; Q_j – узагальнена зовнішня сила; q_j – узагальнені координати; j – номери узагальнених координат, $j=1, 2, 3, 4$.

За узагальнені координати приймають

$$q_1 = \varphi_1; q_2 = \varphi_2; q_3 = \varphi_3; q_4 = \varphi_4, \quad (12)$$

де $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ і φ_4 – кути закручування відповідних мас.

Кінетична енергія системи

$$T = \frac{1}{2} \left(\sum_{i=1}^4 I_i \cdot \omega_i^2 + m \cdot v^2 \right), \quad (13)$$

де: I_i і ω_i – відповідно моменти інерції та кутові швидкості обертових мас; m – маса транспортованого вантажу; v – швидкість руху вантажу.

Кутові швидкості обертових мас відповідно рівні

$$\omega_1 = \dot{\varphi}_1; \omega_2 = \dot{\varphi}_2; \omega_3 = \dot{\varphi}_3; \omega_4 = \dot{\varphi}_4. \quad (14)$$

Моменти інерції барабанів визначають з урахуванням намотаної на них чи змотаної з них частини канатів

$$I_3 = I_{30} \pm A_{мет} \cdot \rho \cdot r_3^3 \cdot \varphi_3; I_4 = I_{40} \pm A_{мет} \cdot \rho \cdot r_4^3 \cdot \varphi_4, \quad (15)$$

де: I_{30} і I_{40} – початкові моменти інерції барабанів; r_3 і r_4 – радіуси намотування каната на робочі барабани.

Потенціальна енергія привода

$$\Pi = \frac{1}{2} (C_1(\varphi_1 - \varphi_2)^2 + C_2(\varphi_2 - \varphi_3)^2 + C_3(\varphi_3 \cdot r_3 - x_3)^2 + C_4(\varphi_4 \cdot r_4 - x_4)^2), \quad (16)$$

де C_1, C_2, C_3 і C_4 – коефіцієнти жорсткості відповідних елементів.

Дисипативна функція

$$\Phi = \frac{1}{2} [v_1(\omega_1 - \omega_2)^2 + v_2(\omega_2 - \omega_3)^2 + v_3(\omega_3 \cdot r_3 - v)^2 + v_4(\omega_4 \cdot r_4 - v)^2], \quad (17)$$

де: v_1, v_2, v_3 і v_4 – коефіцієнти опору обертових мас; v – коефіцієнт лінійного опору рухомого каната.

Узагальнені сили

$$Q_3 = \frac{M_o \cdot \omega_1}{\eta \cdot r_3 \cdot \omega_3}; Q_4 = \frac{M_o \cdot \omega_1}{\eta \cdot r_4 \cdot \omega_4}, \quad (18)$$

де: M_o – обертовий момент на валу двигуна; η – коефіцієнт корисної дії привода. Момент в околі номінальної швидкості обертання під час перехідних режимів роботи привода визначають з диференціального рівняння [18]

$$\dot{M}_o + \frac{1}{T_o} \cdot M_o + \frac{1}{\zeta \cdot \omega_0 \cdot T_o} \cdot \dot{\varphi}_1 = \frac{1}{\zeta \cdot T_o}, \quad (19)$$

де: T_o – стала, що враховує тривалість перехідних процесів у двигуні; ζ – коефіцієнт крутизни статичної характеристики; ω_0 – кутова швидкість ідеального холостого ходу.

Конструкція вантажних кареток залежить від характеру роботи канатних установок, які можуть транспортувати, трелювати до траси, розвантажувати та навантажувати деревину на автомобільний транспорт. Залежно від функцій, які повинна виконувати канатна установка, вантажні каретки конструюють напівавтоматичними, автоматичними або радіокерованими [1, 2, 19, 20].

Основними критеріями при виборі оптимальних конструкцій вантажних кареток є коефіцієнт нерівномірності розподілу навантаження між колесами і кількість коліс [1, 2]. Рівномірність розподілу навантаження між колесами забезпечує правильний вибір їх геометричних розмірів та балансна підвіска коліс, яка наявна фактично в усіх промислово виготовлених каретках.

Кількість коліс вантажної каретки визначають із нерівності

$$m \geq \frac{30 Q \cdot n \cdot k_{\varepsilon}}{T_{\max}}, \quad (20)$$

де: Q – вага каретки з вантажем; k_{ε} – коефіцієнт нерівномірності розподілу навантаження між колесами каретки; T_{\max} – максимальний натяг каната. Оптимальну відстань між суміжними колесами вантажної каретки ℓ_{κ} визначають з умови забезпечення перекриття зон згину несучого каната між ними

$$\ell_{\kappa} = d_n \cdot \sqrt{E_{\kappa} / \sigma_p}, \quad (21)$$

де d_n – діаметр несучого каната.

Канатні лісотransпортні установки є тимчасовими системами, які працюють обмежений час на одному місці, й тому опорами для них зазвичай служать ростучі дерева. Опори розраховують на міцність та стійкість [1, 21]. Однак в даний час особлива увага приділяється проблемам механізації найбільш трудомістких монтажних-демонтажних робіт, а також вимогам охорони праці та ергономіки. Зазначені питання частково можна вирішити шляхом оснащення багатопрольотних канатних установок штучними проміжними опорами [22, 23].

Умову міцності для таких опор записують у вигляді

$$\tau_{окт} + m_1 \cdot \sigma_1 \leq m_2, \quad (22)$$

де: $\tau_{окт}$ – октаедричні дотичні напруження; σ_1 – еквівалентні нормальні напруження; m_1 і m_2 – сталі, що залежать від граничних напружень.

Каркаси опор раціонально моделювати тривимірними стержневими конструкціями, які містять такі елементи: стержні-стійки, поперечини-балки, пластини, вузлові шарнірні опори, кінцеві опори, податливу основу.

Під час статичного розрахунку приймають лінійне співвідношення між деформаціями $\{\varepsilon\}$ і переміщеннями $[B_0]$ всередині кожного елемента з власною системою координат

$$\{\varepsilon\} = [B_0] \cdot \{q\}, \quad (22)$$

де q – вектор вузлових переміщень.

У разі врахування нелінійних характеристик зазначений вираз набуде вигляду

$$\{\varepsilon\} = ([B_0] + [B_{NL}(q)]) \cdot \{q\}. \quad (22)$$

Аналіз напружено-деформованого стану штучних щогл виконують методом кінцевих елементів за допомогою програмного пакета MSC/NASTRAN for Windows.

Незважаючи на очевидні переваги підвісних канатних установок над іншими засобами первинного транспортування деревини в гірських умовах, вони не набули широкого застосування на лісозаготівлі в Українських Карпатах, зокрема й за рахунок наявних конструкційних недоліків та відсутності ефективних методик визначення їх основних експлуатаційних параметрів. Кількісно оціни-

ти ефективність роботи окремих елементів канатних установок можна шляхом аналізу їх режимів роботи. Визначення конструкційних та експлуатаційних параметрів повинно ґрунтуватися на розрахункових моделях з використанням програмних пакетів та засобів параметричного моделювання (типу MSC/NASTRAN for Windows, Femap with NX Nastran, T-FLEX CAD 3D, КОМПАС-3D, прикладного модуля COSMOSXpress програмного комплексу SolidWorks тощо). Саме такий підхід використовують у роботі західноєвропейські компанії, що проектують та виготовляють канатні лісотransпортні установки [20, 24-29]. Перспективним напрямком використання підвісних канатних систем є створення мобільних установок, змонтованих на агрегатних або самохідних шасі, а також установок з тягово-несучим канатом для підтягування колод та їх подальшого перевантаження. Чимало подібних систем та їх вузлів розробили вчені Національного лісотехнічного університету України [19, 30-33].

Використання сучасних схем, моделей та програмних засобів дасть змогу розробити досконаліші конструкції канатних установок, які відповідатимуть сучасним лісгосподарським та лісозаготівельним вимогам й широко застосуватимуться для освоєння гірських лісів.

Література

1. Адамовський М.Г. Підвісні канатні лісотransпортні системи / М.Г. Адамовський, М.П. Мартинців, Й.С. Бадера. – К. : Вид-во ІЗМН, 1997. – 156 с.
2. Мартинців М.П. Розрахунок основних елементів підвісних канатних лісотransпортних установок / М.П. Мартинців. – К. : Вид-во "Ясмина", 1996. – 175 с.
3. Быков В.П. Методическое обеспечение САПР в машиностроении / В.П. Быков. – Л. : Изд-во "Машиностроение", 1989. – 255 с.
4. Кіндрацький Б.І. Раціональне проектування машинобудівельних конструкцій / Б.І. Кіндрацький, Г.Т. Сулим. – Львів : Вид-во КІНПАТРІ ЛПД, 2003. – 280 с.
5. Про мораторій на проведення суцільних рубок на гірських схилах в ялицево-букових лісах Карпатського регіону / Закон України від 10.02.2000 р., № 1436-III зі змінами і доповненнями в редакції від 18.11.2012 р. [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1436-14>.
6. Правила рубань в гірських лісах Українських Карпат. – К. : Вид-во Держком. лісового господарства України, 2003. – 24 с.
7. Правила рубок головного користування в гірських лісах Карпат / Затверджені Постановою Кабінету Міністрів України від 22.10.2008 р., № 929 зі змінами і доповненнями в редакції від 13.01.2012 р. [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/929-2008-%D0%BF>.
8. Рамкова конвенція про охорону та сталий розвиток Карпат / Ратифікована Законом України від 07.04.2004 р., № 1672-IV в редакції від 27.05.2011 р. [Електронний ресурс]. – Доступний з http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/998_164.
9. Про забезпечення виконання міжнародних зобов'язань України за Рамковою конвенцією ООН про зміну клімату та Кіотським протоколом до неї / Затверджено Постановою Кабінету Міністрів України від 17.04.2008 р., № 392 зі змінами в редакції від 15.07.2011 р. [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/392-2008-%D0%BF>.
10. Качурин В.К. Теория висячих систем / В.К. Качурин. – М.-Л. : Изд-во "Гостехиздат", 1962. – 224 с.
11. Рудько І.М. Удосконалення моделей та розроблення методу визначення геометричних і силових параметрів несучих канатів підвісних установок : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.05.04 "Машини для земляних, дорожніх та лісотехнічних робіт" / І.М. Рудько. – Львів, 2008. – 20 с.
12. Глушко М.Ф. Стальные подъёмные канаты / Михаил Фёдорович Глушко. – К. : Изд-во "Техніка", 1966. – 327 с.

13. Горошко О.А. Введение в механику деформируемых одномерных тел переменной длины / О.А. Горошко, Г.И. Савин. – К. : Вид-во "Наук. думка", 1971. – 224 с.
14. Малиновский В.А. Стальные канаты. – Ч. I. Некоторые вопросы технологии, расчёта и проектирования / В.А. Малиновский. – Одесса : Изд-во "Астропринт", 2001. – 188 с.
15. Малиновский В.А. Стальные канаты. – Ч. II. Основные теории изгиба и взаимодействия с опорной поверхностью / В.А. Малиновский. – Одесса : Изд-во "Астропринт", 2002. – 180 с.
16. Мартинців М.П. Динаміка та надійність підвісних канатних систем / М.П. Мартинців, Б.В. Сологуб, М.В. Магішшин. – Львів : Вид-во НУ "Львівська політехніка", 2011. – 188 с.
17. Комаров М.С. Динамика грузоподъемных машин / М.С. Комаров. – М.-К. : Изд-во "Машгиз", 1962. – 267 с.
18. Вейц В.Л. Динамические расчеты приводов машин / В.Л. Вейц, А.Е. Кочура, А.М. Мартыненко. – Л. : Изд-во "Машиностроение", 1971. – 352 с.
19. Декларацийний патент на корисну модель UA 2289 U, МПК 7 B61B7/00. Канатна установка з дистанційним керуванням / М.П. Мартинців, В.М. Мартинців, В.В. Бариляк, І.М. Рудько, № 2003 065905. – Опубл. 15.01.2004. – Бюл. № 1. – 4 с.
20. Koller Forsttechnik. Kufsteiner Wald 26. A-6334 Schwoich bei Kufstein. [Electronic resource]. – Mode of access <http://www.kollergmbh.com/>.
21. Писаренко Г.С. Справочник по сопротивлению материалов / Г.С. Писаренко, А.П. Яковлев, В.В. Матвеев; отв. ред. Г.С./ Писаренко. – Изд. 2-ое, [перераб. и доп.]. – К. : Вид-во "Наук. думка", 1988. – 736 с.
22. Декларацийний патент на корисну модель UA 24654 U, МПК B61B7/00. Проміжна щогла багаторазового використання для канатної лісотransпортної установки / М.П. Мартинців, Б.В. Сологуб, І.В. Бичинюк. – у 2007 01770. – Опубл. 10.07.2007. – Бюл. № 10. – 6 с.
23. Декларацийний патент на корисну модель UA 48067 U, МПК B61B7/00. Проміжна щогла підвісної канатної установки / М.П. Мартинців, І.В. Бичинюк, Б.В. Сологуб. – у 2009 07889. – Опубл. 10.03.2010. – Бюл. № 5. – 4 с.
24. URUS. [Electronic resource]. – Mode of access <http://www.urus-hinteregger.com/>.
25. Konrad Forsttechnik GmbH. Oberpreitenegg 52. A-9451 Preitenegg. [Electronic resource]. – Mode of access <http://www.forsttechnik.at/neues/>.
26. MAXWALD-Maschinen Ges.m.b. H. Irresbergstraße 1. A-4694 Ohlsdorf. [Electronic resource]. – Mode of access <http://www.maxwald.com/>.
27. VALENTINI srl. Viale Degasperì 157. I-38023 Cles (TN). [Electronic resource]. – Mode of access <http://www.valentini-teleferiche.it/>.
28. TST Seilgeräte Trösl GmbH. Hammerstraße 9, A-3184 Tümitz. [Electronic resource]. – Mode of access <http://www.tst-seilkran.at/>.
29. Forest cableway Larix. [Electronic resource]. – Mode of access <http://www.slpkrtiny.cz/en/commercial/forest-machinery/forest-cableways/>.
30. Лютий Є.М. Канатні установки для освоєння гірських лісів та напрямки їх вдосконалення / Є.М. Лютий, М.П. Мартинців, Й.С. Бадера // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2000. – Вип. 10.1. – С. 211-220.
31. Декларацийний патент на корисну модель UA 37299 U, МПК B61B12/00. Канатна установка / Й.С. Бадера, М.П. Мартинців, Б.В. Сологуб, А.В. Кий. – Опубл. 25.11.2008. – Бюл. № 22. – 4 с.
32. Декларацийний патент на корисну модель UA 17058 U, МПК B61B12/00. Канатна установка / Й.С. Бадера, В.В. Бариляк. – у 2006 01763. – Опубл. 15.12.2006. – Бюл. № 9. – 3 с.
33. Декларацийний патент на корисну модель UA 73489 U, МПК (2012.01) B61B 12/00. Компенсатор натягу несучого каната лісотransпортної установки / В.В. Бариляк, І.М. Рудько, І.В. Бичинюк. – у 2012 02941. – Опубл. 25.09.2012. – Бюл. № 18. – 3 с.

Мартынец М.П., Рудько И.М., Бариляк В.В., Бычинок И.В. Разработка моделей и методов анализа работы канатных лесотранспортных установок и перспективы их развития

Проанализированы конструкционные особенности канатных лесотранспортных установок, схемы канатной оснастки и методы расчета их основных элементов (канатов, приводов, грузовых кареток, опор). Приведены зависимости для определения основных параметров канатных установок (полученные с использованием уравнения цепной линии, уравнения движения веток каната, уравнения Лагранжа II рода) и перечень

прикладных программ для расчета и конструирования их отдельных элементов. Отмечены возможные пути совершенствования конструкций канатных установок и перспективы развития канатного лесопромышленного транспорта.

Ключевые слова: анализ конструкций канатных лесотранспортных установок, схемы канатной оснастки, методы расчета, математические модели, прикладные программы.

Martyniv M.P., Rud'ko I.M., Barylyak W.W., Bychynik I.V. Development of models and methods of analysis of work of ropes system for wood transportation and prospect of their development

The construction features of ropes system are analysed for wood transportation, charts of the rope rigging and methods of calculation of their basic elements (ropes, drives, freight carriages, supports). Dependences over for determination of basic parameters of ropes system (got with the use of equalization of catenary, equalization of motion of branches of rope, differential equation of motion of the system in the generalized coordinates – equalizations of Lagrange) and list of the application programs are brought for a calculation and constructing of their separate elements. The possible ways of improvement of constructions of ropes system and prospect of development of rope forest industrial transport are marked.

Keywords: analysis of constructions of ropes system for wood transportation, chart of the rope rigging, methods of calculation, mathematical models, application programs.

УДК 674.81:662.638

Докторант С.В. Гайда, канд. техн. наук –
НЛТУ України, м. Львів

РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ПАЛИВНИХ ГРАНУЛ НА ОСНОВІ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ВЖИВАНОЇ ДЕРЕВИНИ

Розраховано енергетичний потенціал деревної біомаси – відходів деревини та вживаної деревини (ВЖД), який сягав у 2012 р. 6,438 млн т, зокрема ВЖД – 2,0 млн т. Обґрунтовано, що перетворивши ці ресурси у тверді види палива, енергетичний потенціал зростає з 2,703 до 3,548 млн т у.л., тобто на 24 %. Розроблено технологію та удосконалено обладнання виготовлення паливних гранул із ВЖД як енергоємної сировини. Запропоновано режимні параметри виготовлення паливних гранул, виходячи із здатності до пресування.

Ключові слова: вживана деревина, енергетичний потенціал, паливні гранули, технологія, соціо-економічна ефективність.

Актуальність. Технологія утилізації відходів – перероблення вживаної деревини (ВЖД) для виробництва альтернативних джерел енергії, зокрема паливних гранул, є рентабельною та ефективною через низьку собівартість цієї деревної біомаси. Відповідно до проекту оновленої "Енергетичної стратегії України до 2030 р." [5] та пропозицій науковців Г.Г. Гелетука та Т.А. Железна [1], частка біомаси в загальному енергоспоживанні України може зрости з 0,7 % до 10 % у 2030 р. (для порівняння в ЄС цей показник зростає з 6,7 % до 19 %). Споживання деревної біомаси (відходів деревини) для виробництва енергії в Україні у 2010 р. становило 0,14 % (з урахуванням дров – 0,34 %) від загального постачання первинної енергії. За підсумками 2012 р., в Україні було виготовлено 810 тис. т твердого палива, зокрема майже 150 тис. т паливних гранул з деревних відходів. Пропонують використання енергетичного потенціалу ВЖД для отримання паливних гранул на основі удосконалення існуючих технологій та розроблення альтернативних рішень.