

КОЛИВАННЯ ОСНОВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ МОБІЛЬНИХ КАНАТНИХ ЛІСОТРАНСПОРТНИХ УСТАНОВОК

Наведено математичну модель і залежності для визначення коливань канатної оснастки мобільних канатних установок.

O.V. Boratyn's'kyi – USUFWT

The Vibrations of Main Elements of Mobile Cable Installations

The mathematical model and dependencies for determination of the vibrations of cable implemment for mobile cable installations are given.

Ліс є національним багатством країни, його потрібно берегти і примножувати. Досвід лісозаготівельних підприємств, а також дослідження багатьох вчених показали, що зберегти лісове середовище на лісосіці і створити сприятливі умови для лісовідновлення можна навіть при інтенсивному лісокористуванні. Для цього необхідно застосовувати природозберігаючу технологію і техніку на заготівлі лісу [1, 2].

Найбільш ефективним видом первинного транспортування деревини є підвісні канатні лісотransпортні установки. Специфіка гірських лісів Карпат вимагає застосування для їх освоєння установок різних конструкцій і вантажопідймальностей. У першу чергу, необхідно мати досконалі мобільні канатні установки [3,4], які використовуються як для підтрелювання деревини до траси багатопрогінних транспортних установок, так і для безпосереднього освоєння лісосік.

Для дослідження роботи канатної установки і вибору основних параметрів її елементів необхідно розробити відповідну математичну модель. Представимо канатну установку з нижнім розміщенням приводу і напівавтоматичною кареткою як складну систему, що має канатну оснастку, вантажну каретку, привід, опори, вантаж з гаковою підвіскою, обвідні блоки, розтяжки та ін.

У загальному вигляді математичну модель можна представити рівняннями функціонування окремих елементів, які можна записати у такому вигляді:

$$\Phi_j = f(a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}, d_{ij}) \quad (1)$$

де: a_{ij} – аргументи відповідних рівнянь; b_{ij} – залежні змінні рівнянь; c_{ij} – сталі параметри; d_{ij} – змінні параметри, що враховують зовнішні впливи; i – кількість невідомих; j – кількість узагальнених координат.

Для оснащення мобільної канатної установки використовуються канати значної довжини. Мала жорсткість віток таких канатів викликає низькі основні власні частоти коливань канатної системи. Час пуску приводу установки є значно меншим порівняно з періодом вільних коливань системи, тому можна прийняти, що розгін барабанів лебідки відбувається миттєво, а після цього вступає в рух вантажна каретка.

Для такого випадку рівняння руху канатної установки можна записати в такому вигляді:

$$\left. \begin{aligned} \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial W_1}{\partial \dot{y}} \right) - \frac{\partial W_1}{\partial y} + \frac{\partial \Pi_1}{\partial y} + \frac{\partial \Phi_1}{\partial \dot{y}} &= P_1(t); \\ \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial W_2}{\partial \dot{y}} \right) - \frac{\partial W_2}{\partial y} + \frac{\partial \Pi_2}{\partial y} + \frac{\partial \Phi_2}{\partial \dot{y}} &= P_2(t); \\ \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial W_3}{\partial \dot{x}} \right) - \frac{\partial W_3}{\partial x} + \frac{\partial \Pi_3}{\partial x} + \frac{\partial \Phi_3}{\partial \dot{x}} &= P_3(t); \\ \frac{M_{os}}{r} \pm (m_{os} + m) r \ddot{\varphi} - m \ddot{y} &= \frac{M_{os}}{R} - mg; \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

де: W_1, Π_1 – відповідно кінетична і потенціальна енергія несучого канату; W_2, Π_2 – відповідно кінетична і потенціальна енергія вантажної каретки; W_3, Π_3 – відповідно кінетична і потенціальна енергія тягово-вантажопідймального канату; Φ_1, Φ_2, Φ_3 – дисипативні функції Релея; $P_1(t), P_2(t), P_3(t)$ – узагальнені сили відповідних елементів канатної установки; m_{os} – обертові маси приводу зведені до валу двигуна; M_{os} – зовнішній момент на барабані приводу; $(m_{os} + m) r \ddot{\varphi}$ – має знак "-" в режимі пуску і знак "+" в режимі гальмування; m – маса корисного вантажу, враховуючи масу канату, що переміщається; r – радіус-вектор обертових мас.

Залежно від геометричних розмірів установки, які визначаються параметрами лісосіки, що освоюється, визначивши відповідні енергії, дисипативні функції і узагальнені сили, із системи рівнянь (2) можна визначити основні параметри установки, частоти коливань її окремих елементів, зусилля, які в них виникають.

Характер роботи мобільної лісотransпортної установки значною мірою визначається коливаннями канатної оснастки. Для виводу диференціального рівняння поперечних коливань канату розглянемо розрахункову схему (рис. 1).

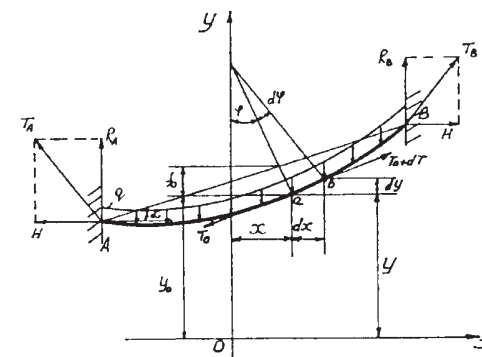


Рис. 1. Розрахункова схема для виведення рівняння коливань канату

Виділимо елемент канату a-b і розглянемо усі сили, що діють на нього. При русі канату, який вважаємо однорідною нерозтяжною ниткою, положення і швидкість його точки, а також натяг T , залежать не тільки від дугової координати S , а й від часу t . Тому, якщо r – радіус-вектор деякої точки, що знаходиться на рухомому канаті, а ϑ і ω – швидкість і прискорення цієї точки, будемо мати:

$$T = T(s, t), r = r(s, t),$$

$$\vartheta = \vartheta(s, t) = \frac{\partial r}{\partial t}, \omega = \frac{\partial \vartheta}{\partial t} = \frac{\partial^2 r}{\partial t^2} \quad (3)$$

Основне рівняння руху канату у векторній формі прийме вигляд:

$$m\omega = \frac{\partial T}{\partial S} + q, \quad (4)$$

де q – погонна вага канату.

Проектуючи отримане рівняння на осі нерухомих Декартових координат отримаємо:

$$\left. \begin{aligned} m \frac{\partial^2 x}{\partial t^2} &= \frac{\partial}{\partial S} \left(T \frac{\partial x}{\partial S} \right) + q_x; \\ m \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} &= \frac{\partial}{\partial S} \left(T \frac{\partial y}{\partial S} \right) + q_y; \\ m \frac{\partial^2 z}{\partial t^2} &= \frac{\partial}{\partial S} \left(T \frac{\partial z}{\partial S} \right) + q_z. \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Якщо кінці канату А, В закріплені, то відрховуючи дугову координату від кінця А, граничні умови можна записати в такому вигляді:

$$X_A(0, t) = a_1; Y_A(0, t) = b_1; Z_A(0, t) = c_1;$$

$$X_B(l, t) = a_2; Y_B(l, t) = b_2; Z_B(l, t) = c_2.$$

Для постійного монтажного натягу, $T_0 = const$ диференціальне рівняння вільних поперечних коливань канату має вигляд:

$$\frac{\partial^2 U}{\partial t^2} = a^2 \frac{\partial^2 U}{\partial S^2}, \quad (6)$$

де a – коефіцієнт, що має розмірність швидкості і визначається з рівняння

$$a = \sqrt{\frac{T_0}{m}}. \quad (7)$$

Для розв'язання рівняння (6) використаємо метод Фур'є [5], згідно з яким розв'язок шукається у формі добутку двох функцій

$$U_{(x,t)} = X_{(x)}T_{(t)}. \quad (8)$$

Тоді отримаємо:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} &= \frac{d^2 X}{dx^2} T, \\ \frac{\partial^2 U}{\partial t^2} &= \frac{d^2 T}{dt^2} X. \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

Натяг несучого канату буде змінюватися за законом:

$$T_k = a_k \cos \frac{\pi a k}{l} t + b_k \sin \frac{\pi a k}{l} t, \quad (10)$$

де a_k і b_k – довільні постійні.

Загальний розв'язок рівняння (6) буде складатися з частинних і запишеться у вигляді:

$$U_{(x,t)} = \sum_{k=1}^{\infty} \sin \frac{\pi k x}{l} \left(a_k \cos \frac{\pi a k t}{l} + b_k \sin \frac{\pi a k t}{l} \right); \quad (11)$$

$$\frac{\partial U}{\partial t} = \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\pi a k}{l} \sin \frac{\pi k x}{l} \left(-a_k \sin \frac{\pi a k t}{l} + b_k \cos \frac{\pi a k t}{l} \right). \quad (12)$$

Застосувавши початкові умови, отримаємо:

$$a_k = \frac{2}{l} \int_0^l f(x) \sin \frac{\pi k x}{l} dx; b_k = \frac{2}{\pi a k} \int_0^l f(x) \sin \frac{\pi k x}{l} dx. \quad (13)$$

Знаючи натяг канату T_0 , його погонну масу m і довжину l , а також початкові умови, знаходимо параметр a , після чого обчислюємо коефіцієнти a_k, b_k і встановлюємо закон поперечних коливань будь-якої точки M канату.

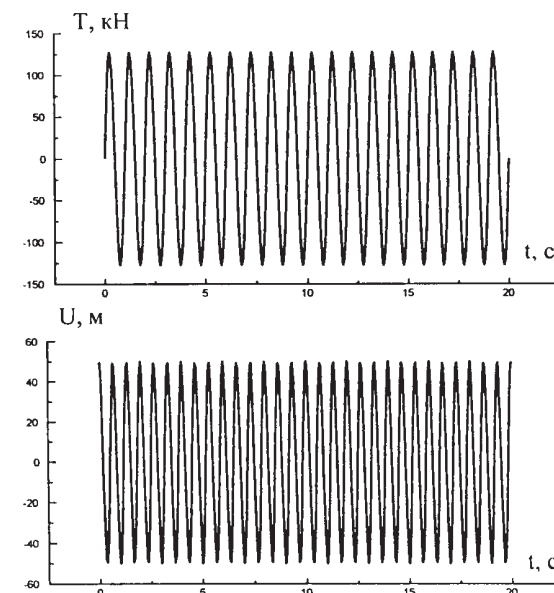


Рис. 2. Залежності зміни натягу та прогину несучого канату в часі при вільних коливаннях

Кожний член ряду це k -а гармоніка, або стояча хвиля:

- амплітуда коливань

$$A_k = \sqrt{a_k^2 + b_k^2}, \quad (14)$$

- частота коливань

$$\omega_k = \frac{\pi a k}{l}. \quad (15)$$

Основна частота ω буде при $k=1$, тобто

$$\omega_1 = \frac{\pi a}{l} = \frac{\pi}{l} \sqrt{\frac{T_0}{m}}. \quad (16)$$

Визначимо для мобільної канатної установки частоти коливань несучого, тягового і вантажопідіймального канату. При цьому для несучого канату розглядається ділянка, що знаходиться між вантажною кареткою і опорою, для тягового і вантажопідіймального ділянка – між обвідними блоками. На практиці часто визначають величини, що не залежать від початкових умов, це: швидкість розповсюдження хвилі, основна частота ω , форми коливань $\sin \frac{\pi k x}{l}$ і вузлові точки.

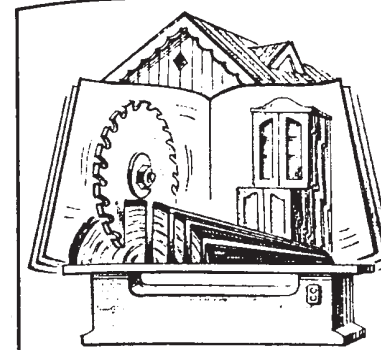
Для прикладу наведено графічний аналіз залежностей (10) і (11) (рис. 2).

Аналіз виконано для випадку: канат ГОСТ-2688, $Q = 32 \text{ кН}$, $l = 200 \text{ м}$, $\frac{f}{l} = \frac{1}{20}$, запас міцності несучого канату $n = 2,0$. Розрахунки виконано за допомогою пакету програм "Mathematical For Windows 2.2".

Знаючи характер коливань канату, можна правильно вибрати його натяг, швидкість руху каретки і вантажопідіймальність для забезпечення оптимальних умов роботи канатної установки.

Література

1. Гаврилов А.Ф. Сравнительная оценка вариантов транспортировки леса в горах// Лесная промышленность. – 1974, №6. – С. 19-21.
2. Мартинців М.П. Розрахунок основних елементів підвісних канатних лісотransпортних установок. Монографія. – К.: Ясмина, 1996. – 175 с.
3. Адамовський М.Г., Мартинців М.П., Балера Й.С. Підвісні канатні лісотransпортні системи. – К.: ІЗМН, 1997. – 156 с.
4. Боратинський О.В. Обґрунтування основних параметрів і розробка рекомендацій для експлуатації мобільних канатних лісотransпортних установок// Науковий вісник: Збірник науково-технічних праць. – Львів: УкрДЛТУ. – 1999, вип. 9.6. – С. 16-19.
5. Бутенин П.В. Введение в аналитическую механику. – М.: Наука, 1971. – 326 с.



Розділ III

ТЕХНОЛОГІЯ ТА УСТАТКУВАННЯ ДЕРЕВООБРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ

УДК 669.15

Проф. В.М. Голубець, д.т.н.; аспір. О.В. Білоус – УкрДЛТУ

ПОБУДОВА РЕГРЕСІЙНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ЗНОШУВАННЯ ПРИ РІЗАННІ ДЕРЕВИНИ ІНСТРУМЕНТОМ ІЗ СТАЛІ У8 З КОМПЛЕКСНИМ ПОКРИТТЯМ

Представлено побудову регресійної моделі дослідження процесу зношування при різанні деревини інструментом із сталі У8 з комплексним покриттям. На ЕОМ проведена оптимізація режимних параметрів шляхом ітерацій, яка показала, що найменше значення інтенсивності зношування $I_3 = 18,821 \times 10^{-3} \text{ мг/км}$ спостерігається при значенні швидкості різання $V = 9 \text{ м/с}$ і питомому навантаженні $P = 10 \text{ Н}$. При збільшенні швидкості різання і навантаження процес точіння деревини покращується, інтенсивність зношування інструменту з комплексним покриттям зменшується і відповідно продуктивність деревообробки підвищується.

V.M. Holubets, O.V. Bilous – USUFWT

Building the regressive model to research the threadbare process during cutting of wood with steel instrument (steel Y8) with complex covering

In this work presented the building of regressive model to investigate the threadbare process during cutting of wood with steel instrument (steel Y8) with complex covering. On computer was conducted optimization of regimen parameters by iteration way, which shown, that least significance of the threadbare intensity $I_3 = 18,821 \times 10^{-3} \text{ мг/км}$ we observe during significance speed cutting $V = 9 \text{ m/c}$ and specific weight $P = 10 \text{ H}$. During increasing speed cutting and weight process of sharpness wood get better, threadbare intensity instrument with complex covering decrease and accordingly timber productivity increase.

Досліди на зношування при фіксованих значеннях питомого навантаження і швидкості ковзання не несуть достатньої інформації про придатність досліджуваного покриття для зміцнення ріжучого інструменту. Необхідна більш широка інформація про вплив перерахованих та інших факторів на інтенсивність зношування.

Відомо, що третя ініціює в поверхневому шарі інструменту розвиток цілої гами фізико-хімічних, фазових, дифузійних і деформаційних процесів, які настільки складно взаємозв'язані, що кількісний опис цих явищ, виходячи з основних положень фундаментальних наук, є неможливим. При дослідженні процесів тертя і зношування будь-яких спряжень, в тому числі і сталюго дереворізного ін-

Технологія та устаткування деревообробних підприємств