

2. Ільків І.С. Оцінка морфологічних показників намету букових лісостанів у Бескидах// Науковий вісник: Збірн. наук.-техн. праць. – Львів: УкрДЛТУ. – 1998, вип. 8.1. – С. 16-21.

3. Ільків І.С. Визначення просторових показників крон бука лісового/ Придніпровський Науковий вісник: – Дніпропетровськ: Видавництво наука і освіта, 1998. – С. 29.

4. Ільків І.С. Оцінка показників простору росту і динаміки поверхні намету букових лісостанів Бескидів// Науковий вісник: Збірн. наук.-техн. праць. – Львів: УкрДЛТУ. – 1998, вип. 9.2. – С. 143-146.

5. Ільків І.С. Використання просторових показників крон для оцінки намету букових лісостанів Бескидів// Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість – Міжвідомчий науково-технічний збірник, вип. 26 – Львів: УкрДЛТУ. – 1999. – С. 15-18.

6. Ільків І.С. Динаміка структури букових лісостанів на стаціонарних пробних площах у Бескидах// Науковий вісник: Збірн. наук.-техн. праць. – Львів: УкрДЛТУ. – 1999, вип. 9.12. – С. 115-12.

УДК 634.31 Проф. М.П. Мартинців, д-р техн. наук; проф. М.Г. Адамовський, канд. техн. наук; доц. Б.В. Лисик, канд. техн. наук; інж. І.М. Рудько – УкрДЛТУ; доц. М.В. Матійшин, канд. техн. наук; доц. Є.А. Урбанюк, канд. техн. наук; доц. А.І. Гордєєв, канд. техн. наук – ТУ Поділля

РУХ ВАНТАЖНОЇ КАРЕТКИ У ЗОНІ ОПОРНОГО БАШМАКА ПІДВІСНОЇ ЛІСОТРАНСПОРТНОЇ УСТАНОВКИ

Наведено рівняння руху вантажної каретки у зоні опорного башмака багатопрольотної канатної установки з врахуванням поперечних коливань несучого каната. Виконано аналіз отриманих залежностей, на основі якого визначено величину зусилля, що діє на каретку у зоні опорного башмака.

Prof. M.P. Martynciv, Prof. M.H. Adamowskyj, Ass. Prof. B.W. Lysyk, Eng. I.M. Rud'ko – USUFWT; Ass. Prof. M.W. Mathiishyn, Ass. Prof. E.A. Urbanjuk, SS. Prof. A.U. Hordeew – Technological University Podillya

Movement of the cargo carriage in a zone of a basic boot pendant timber transporting plants

The equation of movement of the cargo carriage in a zone of a basic boot multispan cable plants is induced in view of cross fluctuations of bearing (carrying) rope. It is made the analysis of the received dependences on the basis of which it is determined size of effort that operates on the carriage in a zone of a basic boot.

Для освоєння гірських лісів Українських Карпат, які характеризуються слабо розвинутою сіткою доріг, найбільш ефективно використовувати багатопрольотні канатні установки [1, 2]. Практика експлуатації таких установок і багаторічні дослідження вчених, виконані на кафедрі прикладної механіки УкрДЛТУ, показали, що несучий канат найбільш часто руйнується у зоні опорного башмака [3, 4, 5].

Підвищити довговічність несучого каната, який є основним елементом установки, і тим самим забезпечити її ефективне використання в цілому можна правильним вибором основних параметрів опорного башмака і режимів роботи. З цією метою необхідно вивчити характер руху вантажної каретки, визначити зусилля, що виникають в основних елементах та їх деформації.

Розглянемо розрахункову схему, яка наведена на рис. 1.

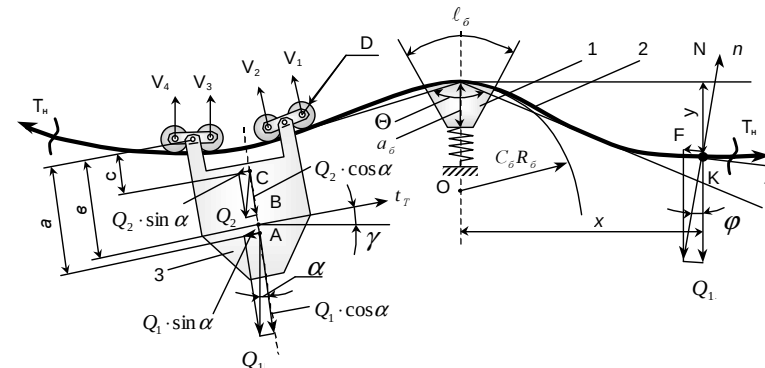


Рис. 1. Розрахункова схема роботи вантажної каретки у зоні опорного башмака: 1 – опорний башмак; 2 – несучий канат; 3 – вантажна каретка.

Вантажна каретка рухається на канаті, який у свою чергу здійснює поперечні коливання.

При вивченні коливань несучого каната можна скористатися рівнянням осі прогину каната, яке записується у вигляді, [7]:

$$H \frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{q}{\cos \alpha}, \quad (1)$$

де: q – вага погонного метра каната; H – горизонтальна складова натягу несучого каната; α – кут нахилу хорди прольоту до горизонту.

Рівняння для вільних коливань каната можна записати так

$$\frac{\partial^2}{\partial x^2} \left(H \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} \right) = \frac{m_k}{\cos \alpha} \cdot \frac{\partial^2 y}{\partial t^2}, \quad (2)$$

де: m_k – маса погонного метра каната, $m_k = \frac{q}{g}$, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$.

Враховуючи умови закріплення несучого каната і податливість опор, розв'язок рівняння (2) можна записати у загальному вигляді:

$$y = \sum_{i=1}^{\infty} X_i (A_i \cdot \cos p_i \cdot t + B_i \cdot \sin p_i \cdot t) = \sum_{i=1}^{\infty} X_i \cdot Y_i, \quad (3)$$

де: X_i – функція, що визначає форму кривої, за якою прогинається канат при коливаннях; p_i – частота коливань каната, $p_i = \frac{i \cdot \pi \cdot a_n}{\ell}$; a_n – параметр несучого каната, $a_n = \sqrt{\frac{H \cdot \cos \alpha}{m_k}}$; ℓ – довжина прольоту установки.

Для отримання коефіцієнтів H_i та B_i необхідно визначити початковий прогин каната і початкове значення швидкості, тобто

$$(y)_{t=0} = f(x); \left(\frac{\partial y}{\partial t} \right)_{t=0} = f_1(x). \quad (4)$$

Тоді

$$\left. \begin{aligned} f(x) &= \sum_{i=1}^{\infty} A_i \cdot \sin \frac{i \cdot \pi \cdot x}{\ell} \\ f_1(x) &= \sum_{i=1}^{\infty} B_i \cdot p_i \cdot \sin \frac{i \cdot \pi \cdot x}{\ell} \end{aligned} \right\}. \quad (5)$$

При визначенні максимальних прогинів каната можна допустити, що він здійснює одне з головних вертикальних коливань; тоді частоти коливань та ординати змінюються за косинусоїдальним законом, [9], тобто

$$y = X_{(z)} \cdot \cos p \cdot t. \quad (6)$$

Якщо вираз (6) підставити в рівняння (2), отримаємо диференціальне рівняння четвертого порядку:

$$\frac{d^4 X}{dX^4} = \frac{p^2}{a^2} \cdot X. \quad (7)$$

Загальний інтеграл цього рівняння буде включати чотири довільних постійних і може бути представлений в такому вигляді:

$$\begin{aligned} X &= C_1 \left(\cos \sqrt{\frac{p}{a}} X + ch \sqrt{\frac{p}{a}} X \right) + C_2 \left(\cos \sqrt{\frac{p}{a}} X - ch \sqrt{\frac{p}{a}} X \right) + \\ &+ C_3 \left(\sin \sqrt{\frac{p}{a}} X + sh \sqrt{\frac{p}{a}} X \right) + C_4 \left(\sin \sqrt{\frac{p}{a}} X - sh \sqrt{\frac{p}{a}} X \right), \end{aligned} \quad (8)$$

де C_1, C_2, C_3, C_4 – постійні інтегрування, що залежать від умов закріплення кінців несучого каната, його жорсткості і податливості проміжних та кінцевих опор.

Будемо вважати, що у зоні опорного башмака каретка рухається по кривій поверхні, рівняння якої можна представити так:

$$y_1 = a_{\delta} \cdot \sin \frac{\pi \cdot x}{\ell_{\delta}}, \quad (9)$$

де: a_{δ} – максимальний параметр кривої поверхні башмака; ℓ_{δ} – довжина поверхні башмака.

Допустимо, що вантаж рухається з постійною горизонтальною швидкістю v , здійснюючи вертикальні коливання. Квадрат циклічної частоти цих коливань $K^2 = q/\delta_{cm}$ (δ_{cm} – статичний прогин каната у зоні башмака).

Підставивши в рівняння (9) $x = v \cdot t$, отримаємо рівняння вільних коливань вантажу:

$$y_1 = a_{\delta} \cdot \sin \frac{\pi \cdot v \cdot t}{\ell_{\delta}}. \quad (10)$$

Гармонійне коливання $a_{\delta} \cdot \sin \frac{\pi \cdot v \cdot t}{\ell_{\delta}}$ еквівалентне безпосередній дії сили збурення, яка дорівнює

$$F_{\text{зб}} = a_{\delta} \cdot K^2 \cdot m \cdot \sin \frac{\pi \cdot v \cdot t}{\ell_{\delta}}, \quad (11)$$

де K – частота вільних коливань; m – маса вантажу.

Тоді вимушені коливання вантажу можна описати таким рівнянням:

$$y^* = a_{\delta} \left(\frac{1}{1 - \frac{p^2}{K^2}} \right) \sin pt, \quad (12)$$

де p – циклічна частота вимушених коливань, $p = \frac{\pi \cdot v}{\ell_{\delta}}$.

Амплітуду вимушених коливань можна визначити з залежності:

$$A = \left| \frac{a_{\delta}}{1 - \frac{p^2}{K^2}} \right| = \left| \frac{a_{\delta}}{1 - \frac{\pi^2 \cdot v^2 \cdot \delta_{cm}}{\ell^2 \cdot g}} \right|. \quad (13)$$

При швидкості каретки, що дорівнює $v = \frac{\ell_{\delta}}{\pi} \sqrt{\frac{g}{\delta_{cm}}}$, у системі виникне явище резонансу. У цьому випадку $p = K$ і амплітуда $A \rightarrow \infty$.

Аналізуючи наведені залежності видно, якщо швидкість v збільшувати у 2, 3 і 4 рази, то амплітуда вимушених коливань становить відповідно 1/3, 1/8 і 1/15 амплітуди вільних коливань, а якщо швидкість зменшувати, то амплітуда вимушених коливань приймає значення більші від амплітуди вільних коливань. Отже, при підході каретки до опорного башмака і його проходження швидкість її руху не можна зменшувати – це може призвести до виникнення резонансу.

Після проходження кареткою башмака спочатку вона продовжує рух за траєкторією башмака, тому тиск на канат є мінімальним. При подальшому русі під дією сили тяжіння каретка в точці K (рис. 1) здійснює максимальний тиск на канат, викликаючи в ньому виникнення додаткових напружень, що приводить до його інтенсивного зношування.

Для визначення віддалі, на якій проходить зношування, встановлення залежності величини тиску від швидкості руху та зовнішнього навантаження представимо рівняння руху каретки після проходження башмака у вигляді системи рівнянь:

$$\left. \begin{aligned} m \frac{d^2 y}{dt^2} &= Q \cdot \cos \varphi \\ m \frac{d^2 x}{dt^2} &= Q \cdot \sin \varphi - F \cdot \cos \varphi \end{aligned} \right\}, \quad (14)$$

де: m – маса вантажу; Q – вага вантажу; F – зусилля опору рухові вантажної каретки.

При статичній дії навантаження

$$F = Q \cdot \cos \varphi \cdot f_0,$$

де f_0 – коефіцієнт опору рухові каретки на несучому канаті [10].

$$\text{Тоді нормальна складова } N = \frac{F}{f_0}.$$

У системі натуральних координат, при яких $\rho = \rho(\varphi)$,

$$\rho = \int_0^\varphi \rho d\varphi,$$

де: ρ – радіус кривизни каната, $\rho = \frac{a_n}{\cos^2 \varphi}$, [10]; φ – кут відліку.

Для визначення ρ з врахуванням коливань несучого каната можна скористатися залежністю (3). Тоді диференціальні рівняння руху вантажу можна записати так:

$$\left. \begin{aligned} \pm m \frac{dv}{dt} &= -F + Q \cdot \sin \varphi \\ \pm m \frac{v^2}{\rho} &= N - Q \cdot \cos \varphi \end{aligned} \right\}. \quad (15)$$

З другого рівняння

$$N = \pm m \frac{v^2}{\rho} + Q \cdot \cos \varphi. \quad (16)$$

Для запобігання відриву каретки від несучого каната необхідно забезпечити $N > 0$, тобто

$$\frac{m \cdot v^2}{\rho} < Q \cdot \cos \varphi. \quad (17)$$

Звідси

$$v < \sqrt{\frac{Q \cdot \rho \cdot \cos \varphi}{m}}. \quad (18)$$

Для встановлення характеру зміни зусилля N , з яким канат діє на вантажну каретку, рівняння руху представимо у вигляді

$$m \frac{dv}{dt} = -N + Q \cdot \sin \varphi. \quad (19)$$

$$\text{Введемо заміни: } \frac{dv}{dt} = \frac{dv}{dx} \cdot \frac{dx}{dt}; \sin \varphi = \frac{x}{a_n},$$

де x – величина шляху, пройденого кареткою від башмака.

Підставивши значення $\frac{dx}{dt} = v$ в рівняння (19), отримаємо

$$m \cdot v \cdot \frac{dv}{dx} = -N + Q \cdot \frac{x}{a_n}. \quad (20)$$

Інтегруючи рівняння (20) отримаємо

$$m \int_{v_0}^v v \frac{dv}{dx} = \int_0^x \left(-N + Q \cdot \frac{x}{a_n} \right) dx \quad (21)$$

або

$$\frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = -N \cdot x + \frac{Q \cdot x^2}{2a_n}.$$

Звідси

$$N = \frac{1}{2x} \left[\frac{Q \cdot x^2}{a_n} - m(v^2 - v_0^2) \right]. \quad (22)$$

Із залежності (22) можна встановити зміну тиску каретки на несучий канат після проходження нею башмака.

Для прикладу покажемо характер зміни зусилля N після проходження кареткою башмака залежно від швидкості її руху (рис. 2).

Графіки побудовано для випадку: несучий канат ГОСТ 2688; $d_k = 25,5$ мм; $\sigma_{сп} = 1764$ МПа; довжина прольоту $L = 200$ м; радіус кривизни башмака $R = 1000$ мм; запас міцності несучого каната $n = 2,0$; $Q = 32$ кН; $v_0 = 0$; кут нахилу хорди прольоту несучого каната до горизонту $\alpha = 30^\circ$.

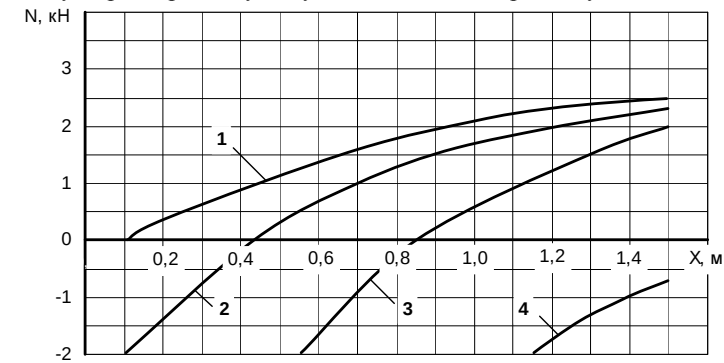


Рис. 2. Графіки зміни нормального зусилля, що виникає внаслідок тиску каретки на несучий канат у зоні опорного башмака: 1 – при $v = 0,1$ м/с; 2 – при $v = 0,5$ м/с; 3 – при $v = 1,0$ м/с; 4 – при $v = 2,0$ м/с.

Знаючи зусилля N , за відомою методикою [4, 5] можна визначити напруження, що виникають у канаті у зоні опорного башмака і встановити його довговічність.

Із графіків видно, що навіть при швидкості руху каретки $v = 0,5$ м/с на віддалі $x = 0,2$ м виникає зусилля N від'ємне, тобто в цій зоні каретка не торкається каната, а приходить з ним у контакт тільки на відстані $x = 0,4$ м. Отже, у зоні опорного башмака необхідно обмежувати швидкість руху до

$v = 0,5 \text{ м/с}$, а профіль башмака повинен бути максимально наближеним до кривої провисання несучого каната.

Література

1. Шкиря Т.М. Технология и машины лесосечных работ. – Львов: Вища школа, 1988. – 245 с.
2. Адамовський М.Г., Мартинців М.П., Бадера Й.С. Підвісні канатні лісотранспортні системи. – К.: ІЗМН, 1997. – 156 с.
3. Белая Н.М., Прохоренко А.Г. Канатные лесотранспортные установки. – М.: Лесн. пром-сть, 1964. – 299 с.
4. Белая Н.М., Прохоренко А.Г., Матишин Н.В. Исследование выносливости несущих канатов у зоне башмаков промежуточных опор// Сб.: Лесн. хоз-во, лесн., бум. и деревообр. пром-сть. – К.: Будівельник. 1975, вып. 5 – С. 32 – 36.
5. Слепо І.І., Матишин Н.В. Исследование контактных напряжений у зоне соприкосновения с башмаком промежуточной опоры// Известия вузов. Лесной журнал. 1975, № 6 – С. 15–19.
6. Матишин Н.В. Исследование напряжений от изгиба в несущих канатах подвесных лесотранспортных установок у зоне башмаков промежуточных опор// Лесн. журн. – 1982, № 5. – С. 54–57.
7. Качурин В.К. Теория висячих систем. – М.-Л.: Гостехиздат, 1962. – 224 с.
8. Адамовський М.Г., Матвеев Е.М. Експериментальні дослідження силових режимів роботи канатів підвісних лісотранспортних систем// Науковий вісник: Лісовий комплекс напередодні ХХІ століття: освіта, наука, виробництво. – Львів: УкрДЛТУ. – 1999, вип. 9.6. – С. 7 – 10.
9. Тимошенко С.П., Дж. Гудьер. Теория упругости. – М.: Наука, 1972. – 575 с.
10. Мартинців М.П. Розрахунок основних елементів підвісних канатних лісотранспортних установок. – К.: Ясмина, 1996. – 175 с.

УДК 630*181.3

Доц. В.К. Тіунчик, канд. с.-г. наук – УкрДЛТУ

ДО ПИТАННЯ КОРЕНЕНАСИЧЕНОСТІ ОРНОГО ШАРУ ГРУНТУ НА НЕРОЗКОРЧОВАНИХ ВИРУБКАХ

Наведено дані з корененасиченості орного шару ґрунту на нерозкорчованих вирубках. Отримані результати досліджень можуть служити основою для обліку опору, який чинять корені деревної рослинності на нерозкорчованих вирубках.

Doc. V.K. Tiunchyk – USUFWT

On the problem of a root saturation of an arable soil layer at the unrooted clearings

The article deals with the data on the root saturation of arable layer on the unrooted clearings. The study results obtained can be a basis for the evaluation of resistance caused by the roots of wooden vegetation on the unrooted clearings.

При лісовідновленні найбільш трудомістким і відповідальним технологічним процесом є обробіток ґрунту на нерозкорчованих вирубках. Його складність полягає у тому, що робочі органи ґрунтообробних машин у даному процесі зазнають різних опорів з боку деформуючих частин середовища (Вітвіцький, 1971).

Крім цього, значне ускладнення орному агрегату під час його руху чинять пеньки свіжозрубаних дерев. Вони порушують його вертикальну стійкість, що призводить до критичних деформацій робочих органів.

Відомо також, що при обробітку лісових ґрунтів через наявність в них значної кількості коріння виникають додаткові опори. З метою оцінки об'єктивної енергомісткості процесу обробітку ґрунту на нерозкорчованих вирубках, необхідно визначити корененасиченість орного шару ґрунту та опір, який чинять коріння деревної рослинності у процесі його обробітку.

Для дослідження даного питання вимірювалися координати місць розташування коренів по ґрунтовому профілю, досліджувалися форма і розміри їх перерізів в умовах Ярмолинецького ДЛГ Хмельницької області. По глибині ґрунтового профілю був розділений на шість зон: I зона – 0-5 см; II зона – 5-10 см; III зона – 10-15 см; IV зона – 15-20 см; V зона – 20-25 см; VI зона – 25-30 см. На кожній пробній площі було закладено по два ґрунтових профілі.

Всього було закладено чотири пробні площі розміром кожної площі 0,05 га. Координати розміщення пнів на пробній площі визначалися за допомогою рулетки і бусолі. Одержані дані у певному масштабі наносилися на міліметровий папір у вигляді схеми. Відповідно до встановленої схеми змішення деревних порід на план наносили траєкторію руху машинно-тракторного агрегату. Це дозволило виявити наявність контактів, місць перетину траєкторій руху машинно-тракторних агрегатів з пнями і визначалась їх кількість на 1 га.

Для визначення корененасиченості орного горизонту методикою було передбачено закладка ґрунтових розрізів у вертикальній площині на відстані від пня 1-2 м і глибиною 30 см. Довжина розрізів становила 3 м. Координати розміщення коренів на ґрунтовому профілю, розміри і форма перерізу наносили у певному масштабі на міліметровий папір.

Цей метод дослідження дає змогу точніше розрахувати опір лісового ґрунту різанню та встановлює можливість передбачити появу на ріжучому апараті ґрунтообробних машин короточасних пікових навантажень.

Наведені дані показують (табл.), що для умов Поділля (тип лісорослинних умов – D₂) коефіцієнт корененасиченості змінюється від 0,84 (п.п.60) до 1,78 (п.п.58). Для даних умов характерно те, що найбільша кількість коріння зосереджена у шарі ґрунту від 10 до 25 см. Так, на пробній площі 57, де свіжа вирубка представлена грабово-кленовими пнями, в шарі ґрунту 10-25 см знаходиться 93,8 % коріння, на грабово-дубовій вирубці (п.п.58)-88,0 % і на дубово-ясеневій – 86,6 % (п.п.60). Щодо грабово-березової вирубки, то тут спостерігається дещо інша закономірність (п.п.59). Найбільша кількість коріння на даній пробній площі зафіксована в горизонті 5-25 см (76,7 %). Однак і в горизонті 10-25 см їх відносна кількість досить висока і становить 71,2 %.

Такий розподіл коріння за горизонтами ґрунту пояснюється, насамперед, біологічними властивостями порід, які у даному типі лісорослинних умов формують кореневу систему у дещо нижчих горизонтах (Калінін, 1978, 1983).