

ОБГРУНТУВАННЯ МАКСИМАЛЬНОЇ ДОВЖИНИ ЛІСОМАТЕРІАЛУ ПРИ ЙОГО ТРАНСПОРТУВАННІ ПІД НАМЕТОМ ЛІСУ

Цимбалюк Ю.І.

(Національний лісотехнічний університет України, м. Львів)

Поданий математичний опис часткового випадку транспортування круглого лісоматеріалу в напівзавантаженому стані під наметом лісу за допомогою міні-скідера типу "Залізний кінь". Отримана залежність, що дозволяє визначити максимальну допустиму довжину круглого лісоматеріалу для даного випадку, який є типовим при трелюванні лісоматеріалів в штучно створеному лісовому масиві.

Актуальність. При проведенні рубань формування і оздоровлення лісів, постає необхідність у транспортуванні круглих лісоматеріалів під наметом лісу. В таких умовах, трелювальна система змушена рухатися між ростучими деревами. Особливо це явно спостерігається при широко пасічній розробці лісосік, де ширина пасіки сягає 60-80 м. В таких умовах транспортування лісоматеріалів, суттєво зростає небезпека механічного пошкодження ростучих дерев. Ці пошкодження можуть завдаватися як трелювальною технікою, так і транспортованим лісоматеріалом або пачкою лісоматеріалів. Однак можливість пошкодження дерев тягачем можна передбачити, зважаючи на таксаційні дані насадження (зокрема кількість дерев на 1га.) та технічні дані тягача (зокрема його габаритні розміри). Що стосується довжини лісоматеріалу, то вона має бути максимальною тому, що це вигідно як з економічної так із екологічної точок зору. Зменшується кількість проїздів, відповідно наноситься менше шкоди лісовому середовищу і менші витрати пального. Однак ця максимальна довжина має бути такою, щоб при транспортуванні лісоматеріалу не пошкоджувались ростучі дерева, які залишаються після рубки. Виходячи з цього виникає необхідність у визначенні максимальної допустимої довжини лісоматеріалу, ще до проведення рубань. Це можливо зробити наприклад, шляхом математичного моделювання найбільш типових випадків, процесу трелювання, де довжина лісоматеріалу має суттєве значення для уникнення пошкодження ростучих дерев.

Найчастіше пошкодження дерев відбувається при повороті трелювальної системи, тому **метою** цієї роботи є опис руху і математичне обґрунтування довжини лісоматеріалу при якій під час повороту не будуть травмуватися ростучі дерева.

Огляд наукових праць та літературних джерел. Питанню трелювання деревної сировини, в різний час присвячені роботи багатьох науковців, як вітчизняних так і зарубіжних. В НЛТУ України, за останній час, цієї проблеми стосуються праці таких науковців як Шкіря Т.М., Литвинчук М.М., Кий В.В.,

Гром'як Ю.О. Вони звертають увагу на негативні наслідки використання важкої трелювальної техніки, особливо на рубках формування і оздоровлення лісів. Пропонують більш широке використання на цій операції коней із спеціальними трелювальними засобами і малогабаритної трелювальної техніки [1]. Російські вчені також зазначають [2], що з метою зменшення негативного впливу на лісове середовище і запобігання погіршення якісних показників деревостанів при проведенні рубань формування і оздоровлення лісів, слід використовувати по можливості техніку з мінімальними габаритами і масою, яка володіє доброю прохідністю і маневреністю. В роботах [3], [4] автори звертають увагу на те, що при проведенні вибіркових рубок та рубок формування і оздоровлення лісів, знищується підріст, а велика кількість дерев, які залишаються, зазнають механічних пошкоджень.

Основний матеріал. Для опису повороту трелювальної системи під наметом лісу, приймаємо, що насадження є штучним із шириною міжряддя b і відстанню між деревами в ряді a . Трелювання виконується в напівзавантаженому стані за допомогою міні-скідера типу "Залізний кінь" (рис.1.). Завантажена сторона лісоматеріалу спирається на коник міні-скідера, який встановлений шарнірно і трелювальний агрегат може вільно виконувати поворот на певний кут відносно транспортованого лісоматеріалу.



Рис.1. Міні-скідер IRON HORSE (Фінляндія)

Враховуючи, невеликі розміри міні-скідера і те, що при транспортуванні лісоматеріалу він майже повністю знаходиться під ним, то його довжиною нехтуємо. Тобто, буде описуватися лише рух самого лісоматеріалу, задній кінець якого вільно волочиться по опорній поверхні, а передній є «керованим» і рухається в напрямку, що задає оператор.

Нехай траєкторією руху точки M_1 лісоматеріалу є пряма, що проходить на віддалі $N_1M_0 = d_0$ від дерева N_1 зліва від нього (рис.2.). При цьому вважаємо, що

абсциса X_1 цього дерева (його центру) поки-що невідома, а ордината його $Y_1 = b - d_0$. Це означає, що вісь OX проходить так, щоб міні-скідер не травмував дерева в ряді, розміщеному справа від осі OX (рис.1.). Для визначення абсциси X_1 дерева N_1 розміщеного справа від вибраної траєкторії руху точки M_1 , запишемо координати точки M_0 , яка є основою перпендикуляра N_1M_0 опущеного із N_1 на пряму OM_0 .

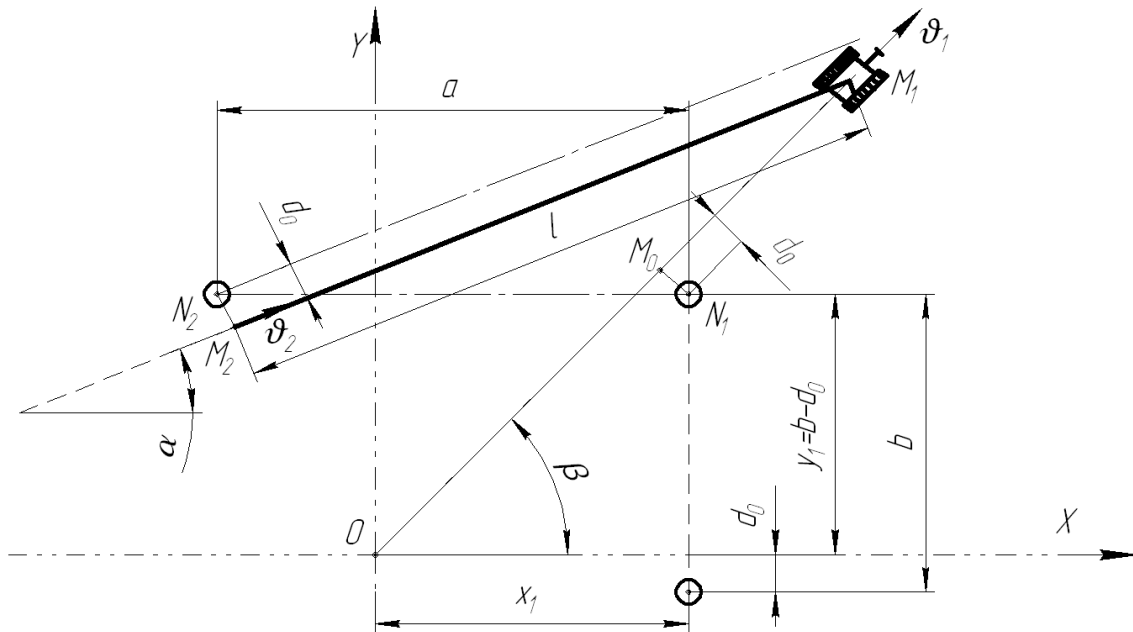


Рис.2. Розрахункова схема

$$X_{M_0} = X_1 - d_0 \cdot \sin \beta, \quad Y_{M_0} = Y_1 + d_0 \cdot \cos \beta = b - d_0 + d_0 \cdot \cos \beta \quad (1)$$

Оскільки точка M_0 лежатиме на прямій (траєкторії), тобто

$$y = \operatorname{tg} \beta \cdot x \quad (2)$$

то координати X_{M_0} , Y_{M_0} мають задовольняти рівняння:

$$x \cdot \sin \beta - y \cdot \cos \beta = 0 \quad (2')$$

Враховуючи (1) із (2'), маємо:

$$(x_1 - d_0 \cdot \sin \beta) \cdot \sin \beta - (b - d_0 + d_0 \cdot \cos \beta) \cdot \cos \beta = 0 \quad (3)$$

$$x_1 \cdot \sin \beta - (b - d_0) \cdot \cos \beta - d_0 = 0 \quad (3')$$

$$x_1 = \frac{d_0 + (b - d_0) \cdot \cos \beta}{\sin \beta} \quad (4)$$

Отже, вісь OY проходить зліва від дерева N_1 на віддалі рівній x_1 від нього. Тепер запишемо координати дерева N_2 , розміщеного в тому ж ряді, що і дерево N_1 але зліва від нього, якщо віддаль між деревами в ряді рівна a .

$$x_2 = x_{N_2} = x_1 - a = \frac{d_0 + (b - d_0) \cdot \cos \beta}{\sin \beta} - a; \quad (5)$$

$$y_2 = y_{N_2} = y_1 = b - d_0.$$

де $d_0 = \frac{d + b_0}{2}$ (5')

d - діаметр ростучих дерев у відземковій частині.

Координата точки M_2 , що лежить на лісоматеріалі і віддаленої від N_2 на d_0 в момент коли точка M_2 знаходиться на перпендикулярі опущеному із N_2 на M_1M_2 (рис.2.).

$$x_{M_2} = x_2 + d_0 \cdot \sin \alpha = \left(\frac{d_0 + (b - d_0) \cdot \cos \beta}{\sin \beta} - a \right) + d_0 \cdot \sin \alpha; \quad (6)$$

$$y_{M_2} = b - d_0 - d_0 \cdot \cos \alpha.$$

Запишемо рівняння, які пов'язують між собою координати точок M_1 і M_2 і кут α , що визначає положення лісоматеріалу відносно осі OX :

$$x = \xi + l \cdot \cos \alpha, \quad y = \eta + l \cdot \sin \alpha \quad (7)$$

Із рівнянь (7), враховуючи, що точка M_2 лісоматеріалу в процесі руху описує криву $\eta = \eta(\xi)$ так, що дотична до цієї кривої задовольняє рівняння $\frac{d\eta}{d\xi} = \operatorname{tg} \alpha$, отримаємо:

$$x = l \cdot \cos \beta \cdot \ln \frac{\operatorname{tg} \frac{\beta - \alpha_0}{2}}{\operatorname{tg} \frac{\beta - \alpha}{2}} \quad (8)$$

Тепер враховуємо, що лісоматеріал M_1M_2 всіма своїми точками пройде нижче та правіше від дерева N_2 лише тоді, коли таким же чином пройде і його кінцева точка M_2 . Сказане вище означає, що в цей момент $M_2N_2 = d_0$, якщо точка M_2 рухається пересуваючись по поверхні ґрунту.

Отже, в момент проходження точки M_2 мимо дерева N_2 , координати точки M_2 будуть:

$$\begin{cases} \xi = x_{M_2} = \left(\frac{d_0 + (b - d_0) \cdot \cos \beta}{\sin \beta} - a \right) + d_0 \cdot \sin \alpha \\ \eta = y_{M_2} = b - d_0 - d_0 \cdot \cos \alpha \end{cases} \quad (6')$$

Тепер із рівнянь (7) і (6'), знаходимо:

$$\begin{cases} x = \left(\frac{d_0 + (b - d_0) \cdot \cos \beta}{\sin \beta} - a \right) + d_0 \cdot \sin \alpha + l \cdot \cos \alpha \\ y = \operatorname{tg} \beta \cdot x - b + d_0 + d_0 \cdot \cos \alpha + l \cdot \sin \alpha \end{cases} \quad (9,10)$$

де b - ширина міні-скідера

Отже, рівняння (8), (9) і (10) складають систему трьох рівнянь з трьома невідомими x , α і l , де x - абсциса точки M_1 лісоматеріалу в той момент, коли кінець M_2 лісоматеріалу проходить мимо дерева N_2 , α - кут який характеризує положення лісоматеріалу в даний момент, l - довжина лісоматеріалу, кожна точка якого, включно і точка M_2 , не торкалась до дерева N_2 при русі лісоматеріалу мимо нього.

Для розв'язування згадуваної вище системи рівнянь, внесемо в рівняння (9) і (10) значення x подане у формулі (8). В результаті знайдемо:

$$\begin{cases} l \cdot (\cos \beta \cdot \ln \frac{\operatorname{tg} \frac{\beta - \alpha_0}{2}}{\operatorname{tg} \frac{\beta - \alpha}{2}} - \cos \alpha) = \frac{d_0 + (b - d_0) \cdot \cos \beta}{\sin \beta} + d_0 \cdot \sin \alpha - a \\ l \cdot (\sin \beta \cdot \ln \frac{\operatorname{tg} \frac{\beta - \alpha_0}{2}}{\operatorname{tg} \frac{\beta - \alpha}{2}} - \sin \alpha) = (b - d_0) - d_0 \cdot \cos \alpha \end{cases} \quad (11,12)$$

Виключаючи із системи рівнянь (11) і (12) невідому l , маємо:

$$\begin{aligned} (\cos \beta \cdot \ln \frac{\operatorname{tg} \frac{\beta - \alpha_0}{2}}{\operatorname{tg} \frac{\beta - \alpha}{2}} - \cos \alpha) \cdot ((b - d_0) - d_0 \cdot \cos \alpha) = \\ = (\sin \beta \cdot \ln \frac{\operatorname{tg} \frac{\beta - \alpha_0}{2}}{\operatorname{tg} \frac{\beta - \alpha}{2}} - \sin \alpha) \cdot (\frac{d_0 + (b - d_0) \cdot \cos \beta}{\sin \beta} + d_0 \cdot \sin \alpha - a) \end{aligned} \quad (13)$$

$$\begin{aligned} ((b - d_0) + d_0 \cdot \cos \beta \cdot \ln \frac{\operatorname{tg} \frac{\beta - \alpha_0}{2}}{\operatorname{tg} \frac{\beta - \alpha}{2}}) \cdot \cos \alpha - d_0 = (a - \frac{d_0}{\sin \beta}) \cdot \sin \beta \cdot \ln \frac{\operatorname{tg} \frac{\beta - \alpha_0}{2}}{\operatorname{tg} \frac{\beta - \alpha}{2}} - \\ - (a - \frac{d_0 + (b - d_0) \cdot \cos \beta}{\sin \beta} + d_0 \cdot \sin \beta \cdot \ln \frac{\operatorname{tg} \frac{\beta - \alpha_0}{2}}{\operatorname{tg} \frac{\beta - \alpha}{2}}) \cdot \sin \alpha \end{aligned} \quad (14)$$

З цього рівняння (14) знаходимо необхідне значення кута α , який відповідатиме положенню лісоматеріалу в момент коли точка M_2 обминає дерево N_2 .

Тепер, шукана довжина лісоматеріалу (із (12)), при якій цей лісоматеріал обмине дерево N_2 не травмувавши його, буде:

$$l = \frac{b - d_0 \cdot (1 + \cos \alpha)}{\sin \beta \cdot \ln \frac{\operatorname{tg} \frac{\beta - \alpha_0}{2}}{\operatorname{tg} \frac{\beta - \alpha}{2}} - \sin \alpha} \quad (15)$$

Графічна інтерпретація рівняння (15), подана на рис.2. з такими вихідними даними: $a = 3$ м; $b = 4$ м; $d = 0,4$ м; $b_0 = 1,4$ м; $\alpha_0 = 0^0$.

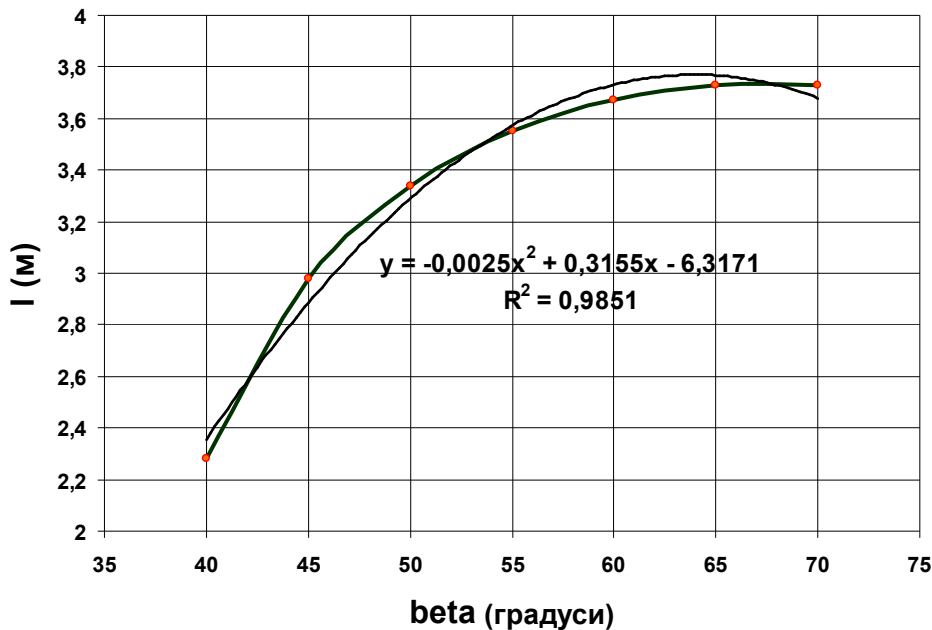


Рис.3. Залежність довжини транспортованого лісоматеріалу l від кута β напрямку транспортування

Висновки. Подана математична модель дозволяє змоделювати найбільш типові випадки процесу первинного транспортування круглого лісоматеріалу під наметом лісу в напівзавантаженому стані за допомогою міні-скідера "Залізний кінь". Вона враховує основні фактори (таксаційні дані насадження, схему посадки дерев, початковий кут положення лісоматеріалу, кут повороту, ширину тягача) і дозволяє визначати максимально допустиму довжину лісоматеріалу при якій можливе маневрування між ростучими деревами без їх механічного пошкодження. Може бути успішно використана під час проектування технологічного процесу основних лісосічних робіт при виборі ефективних для конкретних умов лісоексплуатації трелювальних засобів та організації первинного транспортування круглих лісоматеріалів.

Список літератури

1. М.М. Литвинчук. Щодо використання на рубках догляду за лісом коней та мінітракторів. Український державний лісотехнічний університет. Науковий вісник. Збірник науково-технічних праць. Випуск 9.6. Львів, 1999 – с. 58-60.

2. Ф.В. Пошарников, А.С. Черных, А.С. Полухин. Сортиментная заготовка древесины в малолесных районах. Повышение эффективности лесозаготовок малолесных районов России. Межвузовский сборник научных трудов (по материалам международной конференции в г. Воронеже 23-25 октября 2001 г.). Воронеж: 2002 – с.163-166.
3. Генсірук С.А., Нижник М.С., Копій Л.І. Ліси західного регіону України. Львів, 1998 – 408 с.
4. В.С. Кудра, І.Д. Гриджук. Вплив первинного транспорту деревини в горах на лісове середовище. Український державний лісотехнічний університет. Науковий вісник. Збірник науково-технічних праць. Випуск 14.3. Львів, 2004 – с. 285-289.

Аннотация

ОБОСНОВАНИЕ МАКСИМАЛЬНОЙ ДЛИНЫ ЛЕСОМАТЕРИАЛА ПРИ ЕГО ТРАНСПОРТИРОВКЕ ПОД ПОЛОГОМ ЛЕСА

Цимбалюк Ю.И.

Подано математическое описание частного случая транспортировки круглого лесоматериала в полупогруженном состоянии, под пологом леса с помощью мини-скидера типа "Железный конь". Получена зависимость позволяющая, определять максимальную допустимую длину круглого лесоматериала для данного случая, который есть типичным при трелевке в искусственно созданном лесном массиве.

Abstract

SUBSTANTIATION OF THE MAXIMUM LENGTH OF A TIMBER LOGSDURING THEIR TRANSPORTATION UNDER THE FOREST CANOPY.

Tymbalyuk Yu.I.

The mathematical description of the particular case of the round timber transportation in a semi-load position under a forest canopy using a mini-skidder "Iron Horse" has been submitted in the article. The dependence that allows to determine the maximum allowable length of a round timber in such case, that is typical for skidding timber in artificially planted forest, has been obtained.