

- встановити наявні критерії та показники оцінювання діяльності працівників сфери управління;
- на основі результатів праці виконати раціональний розподіл керівного складу підприємства за проектами, що знаходяться в одному портфелі;
- виявити й усунути причини низької ефективності праці;
- організувати контроль за діяльністю апарату управління;
- визначити не тільки якість праці, але й розробити ефективні системи заохочення, відповідальності та санкції, а також вирішити низку інших завдань, спрямованих на підвищення ефективності управлінської праці, що, своєю чергою, буде прямо пропорційно впливати на результати проектної діяльності загалом.

Література

1. **Управление персоналом организации.** Практикум: учеб. пособие / под ред. А.Я. Кибанова. – М. : Изд-во "ИНФРА-М", 1999. – 296 с.
2. **Катульский Е.Д.** Социально-трудовые отношения на государственной службе: учебно-метод. пособ. / Е.Д. Катульский, Ю.М. Забродин, А.Ф. Зубкова. – М. : Изд-во "Магистр", 1997. – 148 с.
3. **Методические рекомендации по оценке сложности и качества работ специалистов/ НИИ труда.** – М. : Изд-во "Экономика", 1989. – 54 с.
4. **Третьяк В.И.** Эффективность управленческого труда и пути ее повышения / В.И. Третьяк. – К. : УкрНИИИТИ, 1972. – 56 с.
5. **Эффективность управленческого труда** / под ред. В.И. Голикова. – К. : Вид-во "Наук. думка", 1974. – 144 с.

УДК 630.32.002.5(075.8) Асист. Ю.І. Цимбалюк – НЛТУ України, м. Львів

МАТЕМАТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЦЕСУ ТРАНСПОРТУВАННЯ КРУГЛОГО ЛІСОМАТЕРІАЛУ ПІД НАМЕТОМ ЛІСУ

Розглянуто питання щодо математичного опису процесу транспортування круглого лісоматеріалу в напівзавантаженому стані під наметом лісу, під час здійснення доглядових рубань.

Ключові слова: круглий лісоматеріал, трелювання, трелювальний засіб.

Assist. Yu.I. Tsybalyuk – NUFWT of Ukraine, Lviv

Mathematical substantiation of round wood transporting process under the flouts canopy

The problem of the mathematical description of the round wood transporting process in the half-loading position under the forest canopy during the shelter wood cutting is considered in the article.

Keywords: round wood, skidding, skidding mean (equipment).

Актуальність роботи. У статті [1] було розглянуто основні особливості трелювання деревної сировини під наметом лісу під час рубань, пов'язаних із веденням лісового господарства (далі РПЗВЛГ). Основною із них є те, що круглий лісоматеріал (сортимент, півстовбур) потрібно транспортувати між ростучими деревами, що залишаються на лісосіці після доглядових рубань, не травмуючи їх. Щоб забезпечити таку змогу, варто використовувати

спеціальне технологічне обладнання в поєднанні з відповідною тяговою одиницею. Однак, перед тим як ставити вимоги до технічних засобів транспортування круглих лісоматеріалів, варто докладно вивчити можливі способи транспортування лісоматеріалів і вивести основні математичні залежності, які б математично описували процес транспортування круглого лісоматеріалу між ростучими деревами.

Надалі, це дасть змогу моделювати процес транспортування лісоматеріалу зі врахуванням певних лісоексплуатаційних особливостей насадження та наперед задаватися потрібними технічними параметрами транспортного засобу, який би відповідав наперед заданим умовам його експлуатації.

У цій роботі ми прийняли умову, що круглий лісоматеріал певної довжини транспортується між ростучими деревами в напівзавантаженому стані, при цьому завантажений кінець лісоматеріалу може вільно (шарнірно) повертатися на опорному сидлі транспортного засобу відносно його бази, залежно від кутів повороту останнього.

Задній кінець лісоматеріалу вільно тягнеться опорною поверхнею, і траєкторія його руху залежатиме від траєкторії руху переднього кінця.

Математичне обґрунтування процесу транспортування круглого лісоматеріалу між ростучими деревами в напівзавантаженому стані

Нехай кінець M_1 транспортованого лісоматеріалу M_1M_2 довжиною l , рухається в площині XOY так, що точка M_1 описує криву, рівняння якої буде:

$$y = f(x). \quad (1)$$

При цьому кінець лісоматеріалу M_2 буде під час свого руху описувати криву, рівняння якої буде:

$$\eta = \varphi(\xi). \quad (2)$$

Очевидно (рис. 1), що координати точок M_1 і M_2 зв'язані між собою залежностями:

$$x = \xi + l \cdot \cos \alpha; \quad (3)$$

$$y = \eta + l \cdot \sin \alpha, \quad (4)$$

де α – кут між транспортованим лісоматеріалом і віссю OX .

Якщо виходити із формул (3), (4) і враховувати, що змінна x , а тому і змінна y є незалежними, то робимо висновки:

- під час руху лісоматеріалу M_1M_2 горизонтальну складову переміщення кінця M_1 для кінця M_2 розкладають на горизонтальну складову ξ і складову $l \cdot \cos \alpha$, яка характеризує поворот лісоматеріалу в будь-який момент часу його руху на будь-який кут. Аналогічно, вертикальну складову y переміщення точки M_1 для кінця M_2 розкладають на відповідну вертикальну складову η і складову $l \cdot \sin \alpha$, яка характеризує поворот лісоматеріалу M_1M_2 ;
- під час руху лісоматеріалу, введений кут α набуває найбільшого значення при $y = y_{\max}$ і приймає значення $\alpha = 0$ при $y = \eta$, для деякого проміжного значення x і для $y_0 = \eta_0 = 0$, яке відповідає початковому положенню лісоматеріалу;

- під час руху лісоматеріалу, η набуває найбільшого значення у положенні, яке відповідає положенню, за якого $y = \eta$.

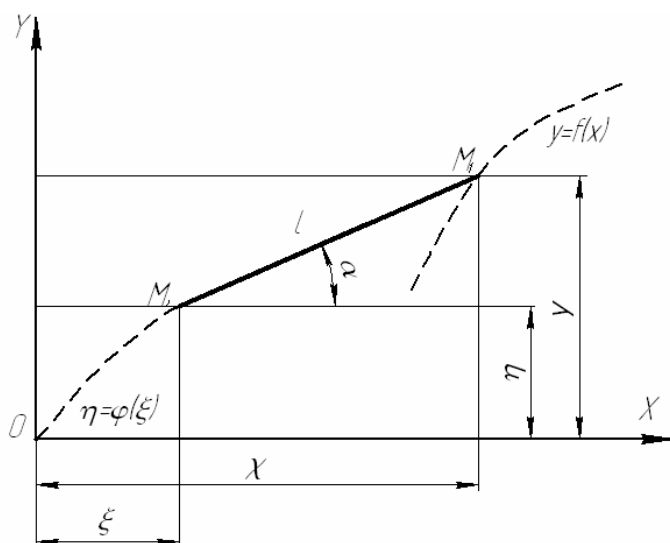


Рис. 1. Розрахункова схема руху лісоматеріалу під час його транспортування

Із рівнянь (3) і (4) випливає залежність:

$$(y - \eta)^2 + (x - \xi)^2 = l^2 \quad (5)$$

Ця залежність вказує на те, що кінець M_2 лісоматеріалу рухається по дузі кола з радіусом l , але центр цього кола описує подану залежністю (1) криву.

Щоб із всіх можливих кіл з радіусом l вибрати те коло, яке б характеризувало рух точки M_2 кінця лісоматеріалу, зауважимо, що ця точка рухається в кожний момент часу в напрямі M_2M_1 , тобто положення лісоматеріалу M_1M_2 збігається з дотичною до кривої $\eta = \phi(\xi)$.

Сказане вище означає, що має місце співвідношення:

$$\frac{d\eta}{d\xi} = \operatorname{tg} \alpha. \quad (6)$$

Ця умова ще означає, що транспортований лісоматеріал M_1M_2 є нерозтяжним, тобто, проекції векторів швидкостей точок M_1 і M_2 на напрям M_1M_2 рівні між собою (рис. 2), отже, існує така залежність:

$$\dot{\xi} \cdot \cos \alpha + \dot{\eta} \cdot \sin \alpha = \dot{x} \cdot \cos \alpha + \dot{y} \cdot \sin \alpha \quad (7)$$

Отримана залежність (7) впливає ще з умови, що під час плоского руху тіла швидкості двох його точок зв'язані залежністю:

$$\vec{v}_{M_1} = \vec{v}_{M_2} + \vec{v}_{M_2M_1}, \quad (8)$$

де

$$\vec{v}_{M_2M_1} = l \cdot \dot{\alpha} \quad (8')$$

Якщо тепер записати векторну рівність (8) у проекціях на напрям перпендикулярний до напрямку M_1M_2 , то отримаємо:

$$l \cdot \dot{\alpha} = \dot{y} \cdot \cos \alpha - \dot{x} \cdot \sin \alpha \quad (9)$$

або

$$dy \cdot \cos \alpha - dx \cdot \sin \alpha = l \cdot d\alpha, \quad (9')$$

де: l – довжина транспортованого круглого лісоматеріалу; x, y – координати точки M_1 , переднього кінця транспортованого лісоматеріалу.

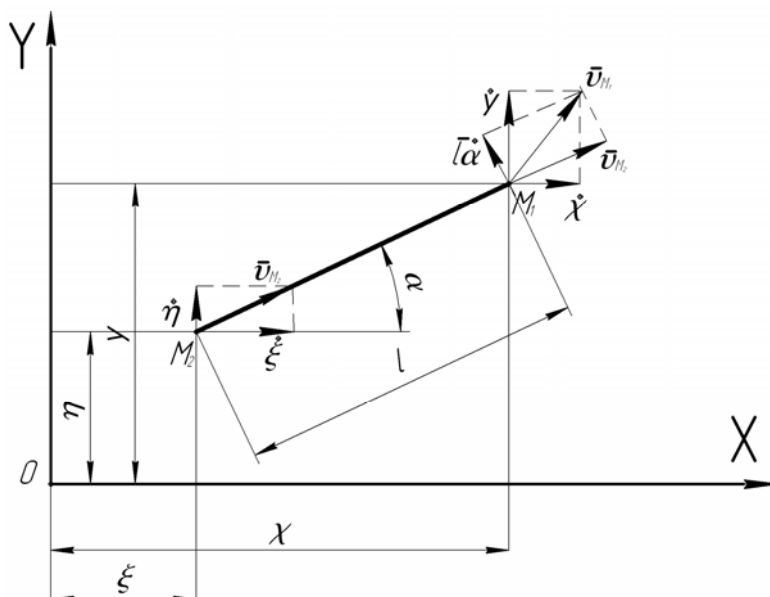


Рис 2. Розрахункова схема руху лісоматеріалу у разі обходу дерева

Отримане рівняння (9') є диференціальним рівнянням, яке описує процес транспортування круглого лісоматеріалу між ростучими деревами під наметом лісу.

Математичний опис часткових випадків транспортування круглого лісоматеріалу під наметом лісу

Під час транспортування лісоматеріалу, його положення у площині переміщення визначається кутом α , який задовольняє рівняння (9).

Використовуючи це рівняння, розглянемо кілька випадків його застосування для визначення положення лісоматеріалу у разі переміщенні його в площині XOY .

Транспортування лісоматеріалу паралельно осі OX

Для цього випадку приймаємо, що лісоматеріал транспортується так, що його точка M_1 (передній кінець), рухається вздовж прямої паралельної осі OX з постійною швидкістю v (рис. 3). Отже, будемо мати таку систему рівнянь:

$$\begin{cases} x = x_0 + v \cdot t; \\ y = y_0. \end{cases} \quad (10)$$

Тепер із (9) і (10) маємо:

$$l \cdot \dot{\alpha} = -v \cdot \sin \alpha \quad (11)$$

Звідси, знаходимо:

$$\frac{d\alpha}{\sin \alpha} = -\frac{v}{l} \cdot dt \quad (11')$$

і після інтегрування, отримаємо:

$$\ln \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = -\frac{v \cdot t}{l} + \ln C_1 \quad (12)$$

Якщо при $t = 0$, $\alpha = \alpha_0$ і кінець, точка M_2 лісоматеріалу в цей момент знаходився на осі OY (це означає, що $x_0 = l \cdot \cos \alpha_0$), то $C_1 = \operatorname{tg} \frac{\alpha_0}{2}$.

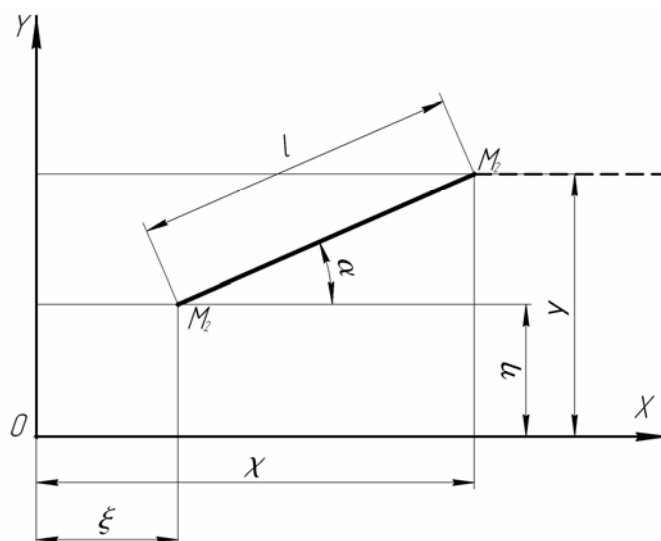


Рис. 3. Розрахункова схема переміщення лісоматеріалу

Враховуючи знайдене C_1 і потенціуючи (12), матимемо:

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \operatorname{tg} \frac{\alpha_0}{2} \cdot e^{\frac{v \cdot t}{l}} \quad (13)$$

Отриману рівність (13) можна записати у вигляді:

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \operatorname{tg} \frac{\alpha_0}{2} \cdot e^{\frac{x - x_0}{l}}, \quad (14)$$

де $x \geq x_0 = l \cdot \cos \alpha_0$

Із рівності (14), для кожного x знаходимо відповідні йому значення кута α , а з поданих вище залежностей (3) і (4), координати:

$$\xi = x - l \cdot \cos \alpha; \quad \eta = y - l \cdot \sin \alpha, \quad (15)$$

де $y = y_0$

Після знаходження відповідних значень кута α і координат точки M_2 , кінця лісоматеріалу, можна побудувати траєкторію руху точки M_2 .

Транспортування лісоматеріалу під кутом β до осі OX

Нехай лісоматеріал M_1M_2 , що знаходився у початковий момент у положенні, паралельному осі OX і при цьому його кінець M_2 збігався з початком координат, транспортують так, що його передня частина, точка M_1 , рухається з постійною швидкістю v вздовж прямої, яка складає з віссю OX , кут β і на осі OX відсікає відрізок довжиною $x_0 = l$ (рис. 4).

Із сказаного вище, випливає, що точка M_1 рухається так, що її координати будуть:

$$\begin{aligned} x &= l + v \cdot \cos \beta \cdot t \\ y &= v \cdot \sin \beta \cdot t \end{aligned} \quad (16)$$

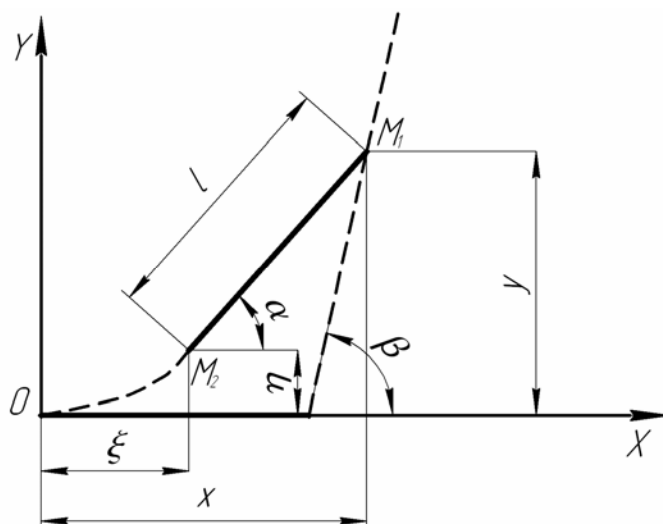


Рис. 4. Розрахункова схема переміщення лісоматеріалу

Тепер із формул (9) і (16) отримаємо рівняння:

$$l\dot{\alpha} = v \cdot (\sin \beta \cdot \cos \alpha - \cos \beta \cdot \sin \alpha) = v \cdot \sin(\beta - \alpha) \quad (17)$$

Звідси, враховуючи, що $\beta \geq \alpha$, запишемо:

$$-\frac{d(\beta - \alpha)}{\sin(\beta - \alpha)} = \frac{v}{l} \cdot dt \quad (18)$$

Після інтегрування знаходимо:

$$-\ln \operatorname{tg} \frac{\beta - \alpha}{2} = \frac{v \cdot t}{l} + C_2 \quad (19)$$

Для визначення сталої інтегрування C_2 приймаємо: $t = 0$; $\alpha = 0$.

$$C_2 = -\ln \operatorname{tg} \frac{\beta}{2} \quad (20)$$

Тепер, після потенціювання, із формули (19), маємо:

$$\operatorname{tg} \frac{\beta - \alpha}{2} = \operatorname{tg} \frac{\beta}{2} \cdot e^{-\frac{vt}{l}}, \quad (21)$$

або враховуючи (16), запишемо у вигляді:

$$\operatorname{tg} \frac{\beta - \alpha}{2} = \operatorname{tg} \frac{\beta}{2} \cdot e^{-\frac{x-l}{l \cdot \cos \beta}} \quad (22)$$

Звідси для кожного $x \geq l$ і вибраного β , знаходимо відповідні значення кута α .

$$y = \frac{(x-l) \cdot \sin \beta}{\cos \beta} = (x-l) \cdot \operatorname{tg} \beta \quad (23)$$

Із залежностей (3) і (4), знаходимо координати точки M_2 , кінця транспортованого лісоматеріалу та будуємо траєкторію її руху (рис. 4)

Транспортування лісоматеріалу по колу

Під час транспортування лісоматеріалу між ростучими деревами, виникає потреба обминати дерева, що трапляються на шляху. Траєкторія руху транспортованого лісоматеріалу при цьому дуже нагадує частину кола, тому пропонуємо розглянути математичний опис переміщення лісоматеріалу по колу. Отже, приймаємо, що точка M_1 , переднього кінця транспортованого лісоматеріалу, рухається по колу радіусом R . Довжину лісоматеріалу приймаємо меншою за радіус кола, тобто $l \leq R$, де l – довжина транспортованого лісоматеріалу і R – радіус кола.

Для спрощення відповідних викладок, приймемо, що центр кола збігається з початком координат (рис. 5).

Отже, точка M_1 рухається згідно з:

$$\begin{aligned}x &= R \cdot \cos \omega t \\y &= R \cdot \sin \omega t\end{aligned}\quad (24)$$

І тоді рівняння (9), матиме вигляд:

$$l \dot{\alpha} = R\omega \cdot (\cos \omega t \cdot \cos \alpha + \sin \omega t \cdot \sin \alpha) = R\omega \cdot \cos(\omega t - \alpha) \quad (25)$$

Запишемо рівняння (25) у вигляді (за $\omega = \text{const}$):

$$l \cdot (\dot{\alpha} - \omega t) + l\omega = R\omega \cdot \cos(\alpha - \omega t)$$

або

$$l \cdot (\dot{\alpha} - \omega t) = \omega R \cdot \left(\cos(\alpha - \omega t) - \frac{l}{R} \right) \quad (26)$$

Якщо провести заміну $\alpha - \omega t = z$ (27), то після спрощень із рівняння (26) матимемо:

$$\frac{dz}{-\frac{l}{R} + \cos z} = \frac{\omega R}{l} \cdot dt \quad (28)$$

Інтегруючи рівняння (28) знаходимо, при $\frac{l}{R} = a$:

$$\frac{1}{\sqrt{1-a^2}} \cdot \ln \frac{\sqrt{1-a^2} + (1+a) \cdot \operatorname{tg} \frac{z}{2}}{\sqrt{1-a^2} - (1+a) \cdot \operatorname{tg} \frac{z}{2}} = \frac{\omega}{a} \cdot t + C_3 \quad (29)$$

Знаходимо C_3 , при $t=0$; $\alpha=0$ (тому і $z=0$). Ці умови дають, що $C_3=0$ і із формули (29) випливає:

$$\frac{\sqrt{1-a^2} + (1+a) \cdot \operatorname{tg} \frac{z}{2}}{\sqrt{1-a^2} - (1+a) \cdot \operatorname{tg} \frac{z}{2}} = e^{\frac{\sqrt{1-a^2}}{a} \cdot \omega t} \quad (30)$$

Для спрощення наступних перетворень, введемо позначення:

$$\sqrt{1-a^2} = A, (1+a) = B, \frac{\sqrt{1-a^2}}{a} \cdot \omega = k \quad (31)$$

Тепер рівняння (30) запишемо у вигляді:

$$\frac{A + B \cdot \operatorname{tg} \frac{z}{2}}{A - B \cdot \operatorname{tg} \frac{z}{2}} = e^{kt} \quad (32)$$

Звідси знайдемо:

$$\operatorname{tg} \frac{z}{2} = \frac{A}{B} \cdot \frac{e^{kt} - 1}{e^{kt} + 1} \quad (33)$$

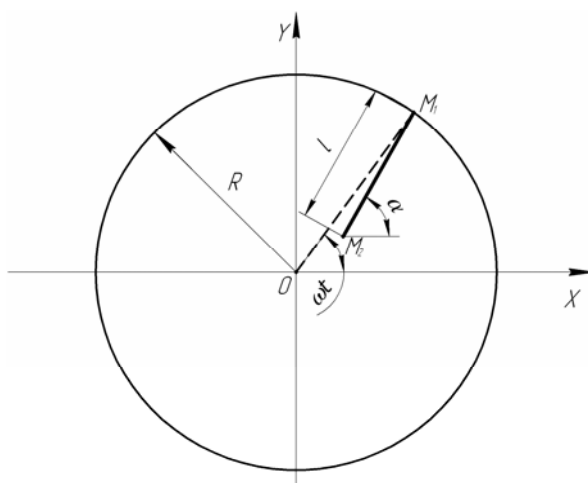


Рис. 5. Розрахункова схема транспортування лісоматеріалу по колу

або враховуючи введені позначення (31), $\frac{A}{B} = \frac{\sqrt{1-a^2}}{1+a} = \sqrt{\frac{1-a}{1+a}}$, $k = \sqrt{\frac{1}{a^2}-1} \cdot \omega$, запишемо:

$$\operatorname{tg} \frac{z}{2} = \sqrt{\frac{1-a}{1+a}} \cdot \frac{e^{\sqrt{\frac{1}{a^2}-1} \cdot \omega t} - 1}{e^{\sqrt{\frac{1}{a^2}-1} \cdot \omega t} + 1}, \quad (34)$$

де $a = \frac{l}{R} \leq 1$ або $l \leq R$.

Якщо ввести позначення $\omega t = \varphi$, то із формули (34), враховуючи (27), маємо:

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha - \varphi}{2} = \sqrt{\frac{1-a}{1+a}} \cdot \frac{e^{\sqrt{\frac{1}{a^2}-1} \cdot \varphi} - 1}{e^{\sqrt{\frac{1}{a^2}-1} \cdot \varphi} + 1} \quad (35)$$

Тут варто зауважити, що рівність (33) можна записати ще у вигляді:

$$\operatorname{tg} \frac{z}{2} = \frac{A}{B} \cdot \frac{e^{\frac{kt}{2}} - e^{-\frac{kt}{2}}}{e^{\frac{kt}{2}} + e^{-\frac{kt}{2}}} = \frac{A}{B} \cdot \operatorname{th} \frac{kt}{2} \quad (34')$$

або
$$\operatorname{tg} \frac{\alpha - \varphi}{2} = \sqrt{\frac{1-a}{1+a}} \cdot \operatorname{th} \frac{\varphi}{2} \quad (35')$$

Отримані співвідношення (34') і (35') записані через гіперболічний тангенс.

Тепер із (35) або (35') для вибраного $a = \frac{l}{R}$, задаючись значеннями $0 \leq \varphi \leq 2\pi$, можна знайти відповідні кути α , а потім і координати точки M_2 кінця транспортованого лісоматеріалу:

$$\begin{aligned} \xi &= R \cdot \cos \varphi - l \cdot \cos \alpha \\ \eta &= R \cdot \sin \varphi - l \cdot \sin \alpha \end{aligned} \quad (36)$$

За отриманими точками можна побудувати траєкторію руху кінця M_2 транспортованого лісоматеріалу.

Висновки:

1. Внаслідок математичного обґрунтування процесу транспортування круглого лісоматеріалу під наметом лісу, отримане диференціальне рівняння, яке дає змогу математично описати переміщення лісоматеріалу в площині XOY . Це дасть змогу, враховуючи основні лісоексплуатаційні особливості насаджень, моделювати рух лісоматеріалу під час його транспортування в напівзавантаженому стані в різних напрямках, а звідси виникає можливість попередньо ставити певні вимоги до технічних засобів транспортування лісоматеріалів.
2. Поданий математичний опис часткових випадків транспортування лісоматеріалу дає змогу на конкретних прикладах продемонструвати методику знаходження точок траєкторії руху заднього (вільного) кінця лісоматеріалу залежно від закону руху переднього завантаженого на трелювальний засіб кінця круглого лісоматеріалу. Тому приймаємо що, рух переднього кінця лісоматеріалу є відомий (передбачений).
3. Приведені математичні викладки свідчать про те, що порушена проблема є недостатньо дослідженою і потребує глибшого вивчення, що дасть змогу відповісти ще на багато запитань щодо проблем трелювання круглих лісоматеріалів між ростучими деревами під час здійснення доглядових рубань за лісом.

Література

1. Цимбалюк Ю.І. Обґрунтування габаритних розмірів трелювальних засобів для трелювання деревної сировини під наметом лісу // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2007. – Вип. 17.6. – С. 128-132.
2. Шкіря Т.М., Цимбалюк Ю.І. Перспективи сортиментної лісозаготівлі в умовах України // Науковий вісник УкрДЛТУ : зб. наук.-техн. праць. – Львів : УкрДЛТУ. – 2001. – Вип. 11.4. – С. 97-99.
3. Цурик Є.І. Таксаційні ознаки й будова насаджень : навч. посіб. – Львів : УкрДЛТУ, 2001. – 362 с.