

УДК 630.32.002.5(075.8)

© Ю.І. Цимбалюк

Національний лісотехнічний університет України

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕМАТИКИ МАЛОГАБАРИТНОЇ ТРЕЛЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ

Виконане експериментальне дослідження кінематики малогабаритної трелювальної системи на базі причіпних трелювальних засобів для трелювання лісоматеріалів в напівзавантаженому стані. Отримано рівняння регресії, яке встановлює залежність амплітуди кінцевої точки трелювальної системи від параметрів траєкторії руху її початкової точки та довжини трелювальної системи для випадку руху по синусоїдній траєкторії.

ЛІСОМАТЕРІАЛ, ТРЕЛЮВАННЯ, МАЛОГАБАРИТНА ТРЕЛЮВАЛЬНА СИСТЕМА, ПРИЧІПНИЙ ТРЕЛЮВАЛЬНИЙ ЗАСІБ.

Постановка проблеми. Існуючі технології виконання рубок догляду за лісовими насадженнями передбачають прокладання розгалуженої мережі трелювальних волоків і технологічних коридорів для трелювання лісоматеріалів від місця звалювання дерев до місця складування або відвантаження деревної сировини. Однак, такі технології мають негативні наслідки, особливо для найбільш вразливих молодих лісових насаджень і є причиною суттєвого зниження їх продуктивності. У випадку закладання густої мережі технологічних коридорів та трелювальних волоків, можлива щорічна втрата приросту деревини $0,5...1,5 \text{ м}^3$ на 1 га. Багато праці витрачається на прорубування і догляд за технологічними коридорами, а це призводить до суттєвого зростання собівартості 1 м^3 заготовленої деревини в майбутньому. У випадку застосування широкопасічної технології, без прокладання розгалуженої мережі транспортних шляхів, непродуктивна площа насаджень зменшується на 4%, що забезпечує отримання додатково $20...30 \text{ м}^3/\text{га}$ деревини під час рубок головного користування.

Для застосування широкопасічних технологій виникає необхідність у трелюванні лісоматеріалів між ростучими деревами, тобто під наметом лісового насадження. Однак при цьому відбувається механічне пошкодження значної кількості дерев, що залишаються на дорощування.

Вивчення практичного досвіду та натурні спостереження показують, що такі пошкодження відбуваються переважно трельованими лісоматеріалами під час обгинання перешкоди на шляху руху. При цьому малогабаритна трельовальна система рухається різними траєкторіями. Виходячи з цього, актуальним стає дослідження залежності траєкторії руху кінцевої точки трельовальної системи від параметрів траєкторії руху її «ведучої», початкової точки та довжини трельовальної системи. Отримані відомості будуть корисними для розробки нових конструкцій причіпних трельовальних засобів для малогабаритних трельовальних систем.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Багато науковців відмічають, що для виконання рубок догляду без прокладання розгалуженої мережі транспортних шляхів необхідне застосування високоманеврових машин, якомога меншої маси і розмірів, які б не завдавали шкоди лісовим насадженням і не порушували рівновагу екосистеми [1].

Виконувалися дослідження можливості переміщення лісової машини під наметом лісу з метою безпосереднього наближення базового самохідного шасі до відміченого в рубку дерева [2]. Для прогнозування можливості такого руху в певному насадженні, пропонується користуватися критерієм «машинної доступності» дерев відмічених в рубку. При цьому враховувалися показники мінімальної пошкоджуваності залишеної частини деревостану.

В роботі [3] розглядаються питання повороту і криволінійного руху шарнірно зчленованих трельовальних систем з пачкою лісоматеріалів. В якості розрахункової схеми прийнята трельовальна система, яка представлена двохвісною шарнірно зчленованою трельовальною машиною і пачкою лісоматеріалів шарнірно з'єднаною з задньою секцією машини. В роботі отримана залежність для визначення ширини динамічної смуги коридору повороту. Автор зазначає, що ширина динамічного коридору під час повороту колісної трельовальної системи залежить в основному від кута повороту трактора і від довжини трельованої пачки лісоматеріалів.

Питання кінематики лісових машин піднімаються переважно в роботах, що стосуються машин зайнятих на вивезенні стовбурної деревини і присвячені в основному кінематиці повороту цих машин з різними компонуванням ланок [4, 5]. Мета, яка при цьому ставиться полягає в дослідженні та математичному описі траєкторій руху окремих точок автопоїзда для можливості їх розрахунку і побудови.

Мета дослідження. Метою даного дослідження є кінематика малогабаритної трельовальної системи, а саме експериментальне

підтвердження отриманих теоретичних висновків, шляхом встановлення залежностей впливу параметрів малогабаритної трелювальної системи, зокрема її довжини і параметрів траєкторії руху «ведучої» точки трелювальної системи на траєкторію руху її кінцевої точки під час трелювання лісоматеріалу в напівзавантаженому стані.

Результати дослідження. В результаті теоретичних досліджень [6, 7] отримано диференціальне рівняння (1), що має вигляд рівняння Рікатті, розв'язок якого дає можливість будувати траєкторію руху кінцевої точки трелювальної системи в залежності від параметрів траєкторії руху її початкової, «ведучої» точки і довжини трелювальної системи для трелювання лісоматеріалу в напівзавантаженому стані.

$$\dot{y} \cdot \cos \alpha - \dot{x} \cdot \sin \alpha = l \dot{\alpha}, \quad (1)$$

де l – довжина трелювальної системи;

α – змінний кут, що визначає положення трелювальної системи в певний момент часу.

Експериментальні дослідження були направлені на підтвердження отриманої математичної моделі. Характерною особливістю науково-технічних досліджень на сучасному етапі є широке застосування моделювання, коли реальний об'єкт замінюється його подобою, яка тією чи іншою мірою відтворює найхарактерніші ознаки прототипу [8]. В окремих випадках, моделювання є єдиним та найбільш достовірним джерелом отримання інформації про досліджуваній об'єкт.

Після виконаних попередніх досліджень в реальних умовах, прийшли до висновку, що більше інформації можна отримати якщо використати фізичне моделювання. Тому, подальші активні експериментальні дослідження кінематики малогабаритної трелювальної системи проводилися на фізичній моделі, виготовленій в масштабі до реального об'єкту, яка переміщувалася по певній траєкторії.

Дослідження полягало у визначенні залежності амплітуди кінцевої точки малогабаритної трелювальної системи від параметрів траєкторії руху її початкової точки та довжини трелювальної системи для трелювання лісоматеріалу в напівзавантаженому стані з використанням причіпного трелювального засобу.

В якості траєкторії руху передньої, «ведучої» точки трелювальної системи прийнято синусоїдну траєкторію, рівняння якої має вигляд: $y=A \cdot \sin kx$. Змінними чинниками досліді прийнято амплітуду синусоїди A , період синусоїди T та довжину трелювальної системи l . Нормованим позначенням цих чинників відповідають

x_1, x_2, x_3 . Значення верхніх, нижніх і основних рівнів змінних чинників досліду, а також інтервали їх варіювання подані в таблиці.

Таблиця – методична сітка дослідів оцінки кінематики фізичної моделі трелювальної системи

| Найменування чинників досліду | Позначення | | Значення (рівні) чинників | | | Інтервал Δ зміни чинника |
|---|------------|---------------|---------------------------|--------------|--------------|---------------------------------|
| | натуральне | нормалізоване | нижній (-1) | основний (0) | верхній (+1) | |
| Амплітуда траєкторії руху моделі трелювальної системи, мм | A | x_1 | 100 | 250 | 400 | 150 |
| Період траєкторії руху моделі трелювальної системи, мм | T | x_2 | 400 | 600 | 800 | 200 |
| Довжина моделі трелювальної системи, мм | l | x_3 | 400 | 600 | 800 | 200 |

Планування експериментальних досліджень та статистичне опрацювання отриманих результатів здійснено на підставі використання математичних методів планування із застосуванням методів математичної статистики.

Для встановлення залежності амплітуди кінцевої точки трелювальної системи від зазначених вище чинників, була запланована реалізація В-плану другого порядку за допомогою якого можна отримати математичний опис об'єкта у вигляді поліному другого порядку.

В результаті було отримано рівняння регресії з нормованим позначенням чинників досліду, яке має вигляд:

$$y = 73,226 + 47,792 x_1 + 22,992 x_2 - 25,642 x_3 + 1,797 x_1^2 - 2,454 x_2^2 + 7,547 x_3^2 + 13,552 x_1 x_2 - 15,823 x_1 x_3 - 5,177 x_2 x_3. \quad (2)$$

Після перевірки на значимість, виконане уточнення коефіцієнтів рівняння регресії методом найменших квадратів для багатофакторних експериментів. Остаточне рівняння регресії має вигляд:

$$y = 72,875 + 47,792 x_1 + 22,992 x_2 - 25,642 x_3 + 7,333x_3^2 + 13,552 x_1 x_2 - 15,823 x_1 x_3 - 5,177 x_2 x_3; \quad (3)$$

З натуральними позначеннями чинників дослідів остаточне рівняння регресії має вигляд:

$$a = 11,14667 + 0,3241 \cdot A + 0,153301 \cdot T - 0,145107 \cdot l + 0,00019 \cdot l^2 + 0,00045 \cdot A \cdot T - 0,00053 \cdot A \cdot l - 0,00013 \cdot T \cdot l \quad (4)$$

де a - амплітуда кінцевої точки трелювальної системи

Для вивчення впливу деякого чинника x_i на зміну вихідної величини, найбільш наглядними є графіки залежності $y=f(x_i)$, побудовані за рівнянням регресії для різних фіксованих значень решти чинників. При співставленні таких графіків, проявляється ґрунтовний зміст парних взаємодій між різними чинниками дослідів.

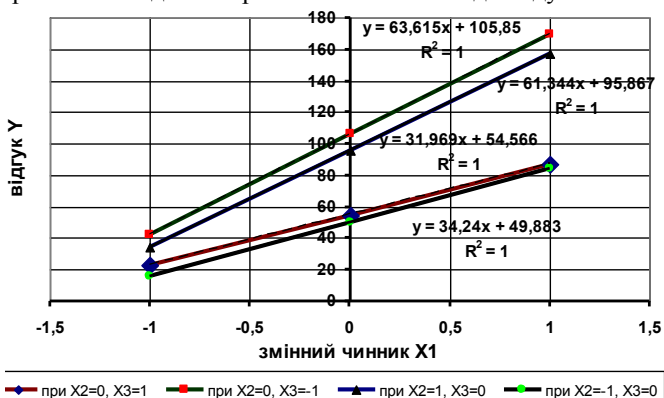


Рис. 1 – Залежності чинника x_1 (амплітуди) від значень чинників x_2, x_3 (періоду синусоїди і довжини трелювальної системи)

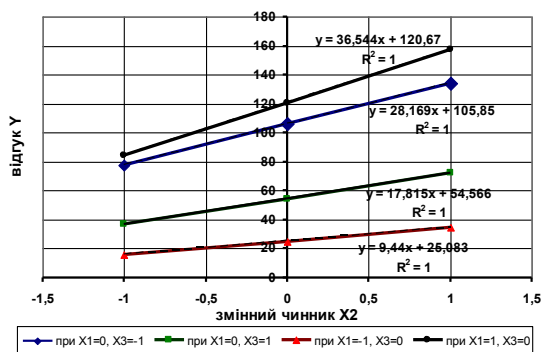


Рис. 2 – Залежності чинника x_2 (періоду) від значень чинників x_1, x_3 (амплітуди синусоїди і довжини трелювальної системи)

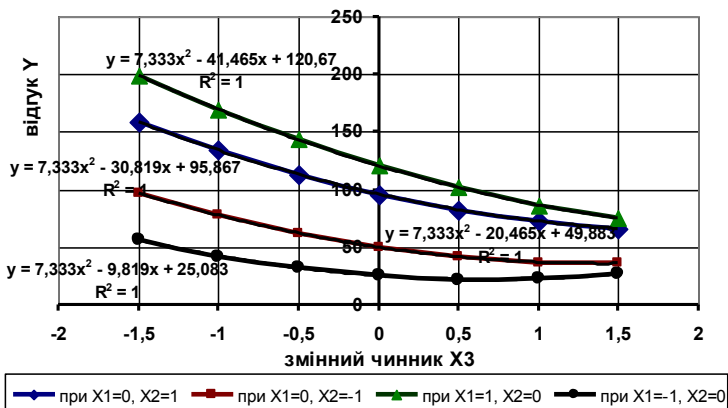


Рис. 3 – Залежності чинника x_3 (довжини трелювальної системи) від значень чинників x_1, x_2 (амплітуди і періоду синусоїди)

Висновки

1. Аналіз рівняння регресії показав, що найбільший вплив на відгук (амплітуду траєкторії руху кінцевої точки моделі трелювальної системи) має амплітуда траєкторії руху точки, що визначає початок трелювальної системи, ступінь впливу якої становить 77,167; ступінь впливу періоду синусоїдної траєкторії на відгук є мінімальним і становить 41,721; ступінь впливу довжини трелювальної системи на амплітуду траєкторії руху її кінцевої точки складає 61,308.

2. Відгук набуває максимального значення (211,186 мм), коли амплітуда і період синусоїдної траєкторії руху початкової точки моделі трелювальної системи набувають максимальних значень - 400 мм і 800 мм відповідно, а довжина моделі трелювальної системи - мінімального значення 400 мм.

3. Мінімального значення 18,334 мм, відгук набуває, коли амплітуда і період синусоїдної траєкторії руху початкової точки моделі трелювальної системи набувають мінімальних значень - 100 мм і 400 мм відповідно, а довжина моделі трелювальної системи – максимального значення 800 мм.

Література

1. Пошарников Ф. В. Сортиментная заготовка древесины в малолесных районах / Ф. В. Пошарников, А. С.Черных, А. С.Полухин// Межвузовский сборник научных трудов (по материалам международной конференции в г. Воронеже 23-25 октября 2001 г.). – Воронеж, 2002. – С. 163-166.

2. Савельев А. Г. Разработка технологии рубок ухода на основе исследования доступности деревьев при машинном способе заготовки (на примере лесов I группы Прибалтики) / А. Г. Савельев // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Минск, 1989. – 25 с.

3. Тасев Х. Б. Методика определения параметров поворотливости колесной трелевочной шарнирно-сочлененной системы с учетом свойств волокна и пачки леса / Х. Б. Тасев // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Ленинград, 1985. – 20 с.

4. Клычков П. Д. Кинематика поворота двухкомплектного автопоїзда / П. Д. Клычков // Лесной журнал. Известия высших учебных заведений. – Архангельск : ИВУЗ – 1981, вып.2. – С. 43-49.

5. Енглезі О. А. Розвиток систем управління причіпними ланками триланкових сідельно-причіпних автопоїздів / О. А. Енглезі // Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка. – Харків : ХНТУСГ – 2014, вип.147. – С. 132-137.

6. Цимбалюк Ю. І. Математичне обґрунтування процесу транспортування круглого лісоматеріалу під наметом лісу / Ю. І. Цимбалюк // Науковий вісник НЛТУ України. Збірник науково-технічних праць. – Львів : НЛТУ України. – 2009, вип. 19.5. – С. 288-296.

7. Цимбалюк Ю. І. Чисельна реалізація математичної моделі транспортування круглого лісоматеріалу під наметом лісу / Ю. І. Цимбалюк, О. І. Думанський // Науковий вісник НЛТУ України. Збірник науково-технічних праць. – Львів : НЛТУ України. – 2011, вип. 21.18. – С. 305-310.

8. Бойко А. А. Основи наукових досліджень процесів лісозаготівлі / А. А. Бойко. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2007. – 104 с.

Рецензент д.т.н., проф. Н.І. Библюк