Науковий вісник НЛТУ України
Scientific Bulletin of UNFU
https://nv.nltu.edu.ua
https://doi.org/10.15421/40280624
Article received 19.06.2018 р.
Article accepted 25.06.2018 р.
УДК 630.32:002.5

ISSN 1994-7836 (print)
ISSN 2519-2477 (online)

@ Correspondence author
V. V. Kyy
kiy_vv01@yahoo.com

В. В. Кий, Б. О. Магура, А. В. Кий

Національний лісотехнічний університет України, м. Львів, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ РУХУ КОЛОДИ У ПЛАСТИКОВОМУ ЛОТКУ ПІД ЧАС ЇЇ СПУСКУ

Відомо, що найбільше проблем виникає під час трелювання деревини у складних умовах лісоексплуатації (гірські умови, заболочені ґрунти), а також під час виконання рубань, пов'язаних з формуванням та оздоровленням лісів, особливо з погляду заподіяння екологічної шкоди навколишньому середовищу. Розглянуто найефективніші засоби трелювання деревини під час розроблення гірських лісосік. Оцінено пошкодження, які виникають внаслідок використання різних засобів трелювання деревини та ефективності їх використання. Поява пластикових лотків дала змогу переглянути ставлення до лоткового спуску деревини, який останніми роками практично не використовували. Пластикові лотки є легкими, зручними в монтажі, порівняно дешевими, вони також є багаторазового використання. Але незважаючи на значні переваги пластикових лотків порівняно з дерев'яними, проблема регулювання швидкості спуску деревини актуальна. Відомо, що під час спуску деревини вона рухається вниз по схилу під дією сил гравітації. При цьому рух колоди спрямовується лотком. Тобто деревина рухається в середині лотка, ковзаючи по його дну. Бокові переміщення колоди обмежуються стінками лотка. Один із способів регулювання швидкості руху колоди в лотку – встановлення механічного гальма у відповідних точках по трасі лоткового спуску. За результатами теоретичних досліджень отримано теоретичну залежність, яка дає змогу розрахувати точки на трасі лоткового спуску, в яких потрібно здійснювати гальмування колоди, що спускається по лотку.

Ключові слова: лоткові системи; транспортування; спуск; технологія; деревина.

Вступ. Відомо, що первинне транспортування деревини є однією з важливих операцій виконання основних лісосічних робіт. І якщо деякі основні операції, для полегшення їх виконання, повної механізації та часткової автоматизації їх проведення, підвищення продуктивності праці, можна перенести із лісосіки на верхні чи нижні склади то трелювання деревини обов'язково наявне під час проведення лісозаготівельних робіт на лісосіці. Вже по тому, як воно здійснюється, які технології та механізми використовують, можна оцінити рівень виробництва та фінансово-технічний стан лісозаготівельного підприємства.

Найбільше проблем виникає під час трелювання деревини у складних умовах лісоексплуатації (гірські умови, заболочені ґрунти), а також під час виконання рубань, пов'язаних з формуванням та оздоровленням лісів, особливо з погляду заподіяння екологічної шкоди навколишньому середовищу.

Аналіз основних публікацій. Відомо, що на сьогодні в Україні понад 80 % всієї деревини, що трелюється, переміщається з допомогою тракторів, зокрема і в гірських умовах (Shkiria, 1999), більшість з яких на гусеничному ходу, які завдають значної шкоди верхньому ґрунтовому шару, а також механічно пошкоджують насадження, що залишаються на корені під час проведення рубок, пов'язаних із формуванням та оздоровленням лісів.

Альтернативою тракторному трелюванню деревини можуть бути канатні установки, які є основою лісозаготівель у гірських районах світу, таких як Альпи у Центральній Європі, Тихоокеанському Північному Заході, Сполучених Штатах і Японії (Styranivskyi & Styranivskyi, 2010).

Однак проблемою українських лісозаготівельних підприємств було і надалі триває вкрай важкий фінансово-економічний стан, що унеможливлює придбати потрібну кількість канатних установок, як альтернативних засобів трелювання деревини у складних умовах заготівлі (Lisy Ukrainy, 2018; Bezpeka Ukrainy, 2018; Debryniuk, 2011).

Отже, проблема трелювання деревини під час розробляння лісосік із гірським рельєфом, зокрема в Українських Карпатах, є актуальною і потребує раціонального й ефективного рішення, на основі ґрунтовних наукових досліджень та вивчення досвіду зарубіжних країн.

Постановка завдання дослідження. Варто зазначити, що окрім вказаних засобів трелювання, у Карпатах свого часу, досить часто застосовували спуск деревини по деревяних лотках, які влаштовували на гірських схилах. При цьому лоток монтували не по прямій лінії, а з поворотами певного радіуса. Це робили для того, щоб гасити швидкість руху колоди в лотку, яка рухалася внаслідок гравітаційних сил. Операцію прокладання осі

Інформація про авторів:

Кий Володимир Васильович, канд. техн. наук, доцент, кафедра лісопромислового виробництва та лісових доріг.
Email: kiy_vv01@yahoo.com

Магура Богдан Олексійович, канд. техн. наук, доцент, кафедра лісопромислового виробництва та лісових доріг.
Email: magbogdan@yahoo.com

Кий Андрій Володимирович, асистент, кафедра лісопромислового виробництва та лісових доріг. **Email:** kiy_av@yahoo.com

Цитування за ДСТУ: Кий В. В., Магура Б. О., Кий А. В. Дослідження руху колоди у пластиковому лотку під час її спуску. Науковий вісник НЛТУ України. 2018, т. 28, № 6. С. 122–124.

Citation APA: Kyy, V. V., Mahura, B. O., & Kyy, A. V. (2018). Research of the log movement in the plastic chute during its downhill movement. *Scientific Bulletin of UNFU, 28(6)*, 122–124. https://doi.org/10.15421/40280624

лотка по схилу доручали найдосвідченішому робітникові, що мав значний практичний досвід в облаштуванні лоткового спуску. Адже потрібно було встановити лоток так, щоб швидкість руху деревини в ньому не перевищувала 30 м/с (Ovsiannikov & Plaksin, 1962), інакше може статися "вискакування" колоди з лотка. Водночас потрібно було забезпечити, щоб колода досягнула кінцевої точки спуску, не зупиняючись в жодному місці лотка під час спуску і не створюючи заторів.

Поява пластикових лотків дала змогу переглянути ставлення до лоткового спуску деревини, який останніми роками практично не використовували. Пластикові лотки є легкими, зручними в монтажі, порівняно дешевими, вони також є багаторазового використання. Тому до лоткового спуску деревини почали знову повертатися. І незважаючи на значні переваги пластикових лотків порівняно з дерев'яними, проблема регулювання швидкості спуску деревини актуальна. Тому нам видається за доцільне розглянути питання руху колоди по лотку під час спуску.

Викладення основного матеріалу дослідження. Відомо, що під час спуску деревини вона рухається вниз по схилу під дією сил гравітації. При цьому рух колоди спрямовується лотком. Тобто деревина рухається в середині лотка, ковзаючи по його дну. Бокові переміщення колоди обмежуються стінками лотка.

Для спрощення вирішення поставленої задачі приймемо такі припущення:

1. Будемо вважати, що колода має циліндричну форму і її маса розподілена рівномірно по всій довжині колоди;
2. Центр мас розташований по середині колоди;
3. Коефіцієнт тертя між колодою та пластиковим лотком є сталим.

Тобто схематично рух колоди виглядатиме так.

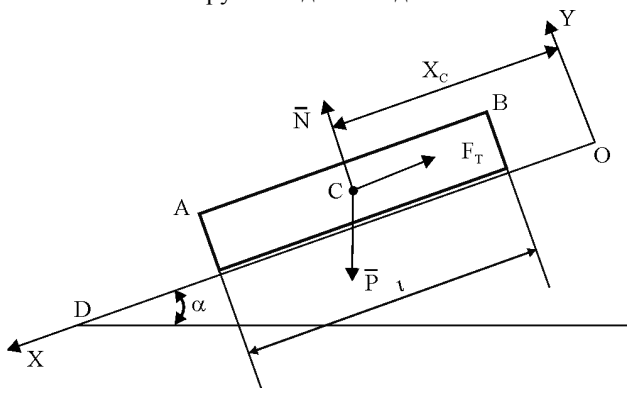

Рис. 1. Розрахункова схема

Нехай кряж *AB* вагою *P* та довжиною *l* рухається по похилому лотку, кут нахилу якого до горизонту дорівнює α. При цьому між лотком і кряжем існує тертя, яке характеризується коефіцієнтом тертя *f* і кряж починає рух зі швидкістю v_0 (рис. 1).

У процесі руху короткоміра на нього діють: сила ваги колоди *P*, сила нормальної реакції *N* лотка та сила тертя F_T між лотком і колодою.

Віднесемо рух кряжа до системи координат *XOY,* зв'язаної з нерухомим лотком *OD* і при цьому вважаємо, що в момент початку руху колоди його кінцева точка *B* збіглася з початком *O* системи координат, а його центр мас *C* мав (як і всі інші точки колоди) швидкість v_0.

Запишемо диференціальне рівняння руху кряжа відносно лотка *OD*

$$\frac{p}{g}\ddot{X} = P \cdot \sin\alpha - F_T, \qquad (1)$$

де

$$F_T = f \cdot N = f \cdot P\cos\alpha. \qquad (2)$$

Тепер із (1) і (2) маємо

$$\ddot{X} = g\left(\sin\alpha - f\cos\alpha\right), \qquad (3)$$

де $g = 9{,}8$ м/с^2 – прискорення вільного падіння тіла, яке в процесі руху кряжа вважаємо постійним.

Із формули (3) випливає, що колода (і її центр мас *C*) буде рухатись: прискорено при $tg\alpha > f$, з постійною швидкістю V_0 при $tg\alpha = f$ і сповільнено при $tg\alpha < f$.

Проінтегруємо тепер двічі диференціальне рівняння (3):

$$\ddot{X} = g\left(\sin\alpha - f\cos\alpha\right)t + C_1; \qquad (4)$$

$$\ddot{X} = g\left(\sin\alpha - f\cos\alpha\right)\frac{t^2}{2} + C_1 t + C_2. \qquad (5)$$

Для визначення постійних інтегрування C_1 і C_2 маємо:

при $t = 0, \ddot{X} = V_0, \qquad X = \frac{l}{2}$, (6)

де враховано, що в момент початку руху кряжа його кінцева точка *B* збіглася з початком *O* системи координат.

Із (4), (5) і (6) знаходимо $C_1 = V_0$, $C_2 = l/2$.

Отже, рух колоди (його точки *C*) описується рівняннями:

$$V_C = g(\sin\alpha - f\cos\alpha)t + V_0, \qquad (7)$$

$$X_L = g\left(\sin\alpha - f\cos\alpha\right)\frac{t^2}{2} + V_0 t + \frac{l}{2}. \qquad (8)$$

Якщо довжина лотка *OD=L,* то в момент $t=t_o$ проходження точкою *C* бруса через кінцеву точку *D* лотка:

$$X_C = L \qquad (8.1)$$

і із (8) маємо рівняння для визначення часу t_o, протягом якого точка *C* короткоміра пройде через кінцеву точку *D* лотка

$$g\left(\sin\alpha - f\cos\alpha\right)\frac{t_0^2}{2} + V_0 t_0 - \left(L - \frac{l}{2}\right) = 0, \qquad (9)$$

а із (7) знайдемо швидкість точки *C* в положенні *D* лотка

$$\frac{V_C}{X_{C=L}} = V_C = g\left(\sin\alpha - f\cos\alpha\right)t_0 + V_0 = 0. \qquad (10)$$

При цьому вектор V_{C_0} швидкості точки *C* у момент проходження через точку *D* лотка буде паралельним до осі *OX*, а швидкість V_{C_0} буде тепер початковою швидкістю руху точки *C* при її подальшому русі, який буде криволінійним рухом.

Із рівняння (7) маємо змогу визначити швидкість точки *C* колоди в будь-який момент часу $o<t \le t_o$, записавши його у такому вигляді:

$$V_{C_0} = g\left(tg\alpha - f\right)\cos\alpha \cdot t + V_0. \qquad (11)$$

Звідси випливає, що рух колоди буде прискореним за умови, що $tg\ \alpha>f$, а кут α нахилу лотка має задовольняти умову

$$\alpha > arctg\, f, \qquad (12)$$

де *f* – коефіцієнт тертя між колодою і лотком.

Використовуючи рівняння (9) і (10), можемо знайти швидкість руху колоди на певній віддалі від початкової точки руху, а отже – і визначити точки на трасі пластикової лоткової системи, де потрібно здійснювати гальмування колоди. Результати розрахунку представимо у вигляді графіків.

Як видно із наведених графіків, швидкість колоди зростає (приймали $tg\ \alpha>f$), тобто рух є прискореним. Разом з тим вже зазначали, що швидкість колоди не повинна перевищувати 30 м/с, інакше колода може "вис-

кочити" із лотка. Отже, потрібно передбачити гальмування колоди після досягнення її критичної швидкості.

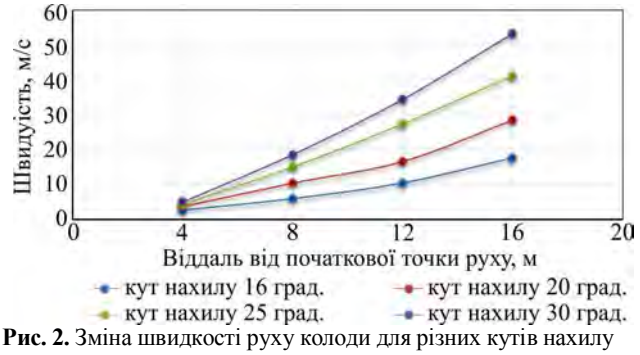

Рис. 2. Зміна швидкості руху колоди для різних кутів нахилу лотка.

Це можна зробити найприйнятнішими такими способами:

- влаштувати поворот траси лотка у відповідному місці;
- встановити лотки східчасто у місці необхідного гальмування;
- встановити механічне гальмо на пластиковому лотку.

Отримані результати наведених теоретичних досліджень дають змогу розрахувати координати точок на трасі спуску, в яких потрібно встановити гальмівні пристрої для зменшення швидкості руху колоди, що спускається.

Перелік використаних джерел

Bezpeka Ukrainy. (2018). *Natsionalna dopovid pro stan tekhnohennoi ta pryrodnoi bezpeky v Ukraini u 2008 rotsi.* Retrieved from: http://govuadocs.com.ua/docs/226/index. [In Ukrainian].

Debryniuk, Yu. M. (2011). Vsykhannia smerekovykh lisiv: prychyny ta naslidky. *Scientific Bulletin of UNFU, 21*(16), 32–38. [In Ukrainian].

Lisy Ukrainy. (2018). Zahalna kharakterystyka lisiv Ukrainy. *Derzhavne ahentstvo lisovykh resursiv Ukrainy.* Retrieved from: http://dklg.kmu.gov.ua/forest/control/uk/publish/article?art_id=62921&cat_id=32867. [In Ukrainian].

Ovsiannikov, E. L., & Plaksin, M. V. (1962). *Tekhnologiia lesorazrabotok*. Lviv: Izd-vo Lvovskogo universiteta, 592 p. [In Russian].

Shkiria, T. M., Kyi, V. V., Soima, I. V., & Tsymbaliuk, Yu. I. (1999). Shchodo ekolohichno nevysnazhlyvykh zasobiv treliuvannia lisomaterialiv v hirskii mistsevosti. *Lisove hospodarstvo, lisova, paperova i derevoobrobna promyslovist, 26*, 58–62. [In Ukrainian].

Styranivskyi, O. A., & Styranivskyi, Yu. O. (2010). *Pryrodookhoronni zasady transportnoho osvoiennia hirskykh lisovykh terytorii.* Lviv: RVV NLTU Ukrainy, 208 p. [In Ukrainian].

В. В. Кий, Б. О. Магура, А. В. Кий

Национальный лесотехнический университет Украины, г. Львов, Украина

ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ БРЕВНА В ЛОТКЕ ВО ВРЕМЯ ЕГО СПУСКА

Известно, что больше всего проблем возникает при трелевке древесины в сложных условиях лесоэксплуатации (горные условия, заболоченные почвы), а также при выполнении рубок, связанных с формированием и оздоровлением лесов, особенно с точки зрения нанесения экологического ущерба окружающей среде. Рассмотрены наиболее эффективные средства трелевки древесины при разработке горных лесосек. Дана оценка повреждениям, которые возникают в результате использования различных средств трелевки древесины и эффективности их использования. Появление пластиковых лотков дало возможность пересмотреть отношение к лотковому спуску древесины, который в последние годы практически не использовался. Пластиковые лотки являются легкими, удобными в монтаже, сравнительно дешевыми, они также многократного использования. Однако, несмотря на значительные преимущества пластиковых лотков по сравнению с деревянными, проблема регулирования скорости спуска древесины остается. Известно, что во время спуска древесины она движется вниз по склону под действием сил гравитации. При этом движение бревна направляется лотком. То есть древесина движется в середине лотка, скользя по его дну. Боковые перемещения бревна ограничиваются стенками лотка. Один из способов регулирования скорости движения бревна в лотке – установление механического тормоза в соответствующих точках по трассе лоткового спуска. В результате теоретических исследований получена зависимость, которая дает возможность рассчитать точки на трассе лоткового спуска, в которых необходимо осуществлять торможение бревна, движущегося по лотку.

Ключевые слова: лотковые системы; транспортировка; спуск; технология; древесина.

V. V. Kyy, B. O. Mahura, A. V. Kyy

Ukrainian National Forestry University, Lviv, Ukraine

RESEARCH OF THE LOG MOVEMENT IN THE PLASTIC CHUTE DURING ITS DOWNHILL MOVEMENT

Timber skidding, as one of the types of transportation, is the one of the most important logging operations. Most problems arise during timber skidding in a complicated conditions of forest operations (mountain conditions, marshy soils), as well as during the thinning and shelterwood timber felling, especially from the point of view of causing the ecological damages to the environment. Today, there are various methods of timber skidding, and with the development of forestry science, as well as with the appearance of new materials and techniques, they are constantly being improved. The appearance of plastic chutes allowed us to reconsider the attitude towards the chute timber skidding, which in recent years has practically not been used. Plastic trays are lightweight, easy to install, relatively cheap, they are also reusable. Therefore, to the boom descent wood began to come back. Despite the significant advantages of plastic chutes, in comparison with wooden, the problem of adjusting the timber speed in the chute remains unresolved. After all, the speed of the log should not exceed 30 m/s, otherwise the log can "pop" out of the chute. Consequently, it is necessary to provide log slowing down after its reaching a critical speed. This can be done by following ways: to arrange the turn of the chute in the appropriate place; to install chutes in step like manner in the place of required slowing down; to install the mechanical brake on the plastic chute. It is known that during the hauling down of wood, it moves down the slope under the influence of gravity forces. At the same time, the deck movement is directed by a tray. That is, the wood moves in the middle of the tray, sliding along its bottom. The lateral movement of the log is limited to the walls of the tray. To simplify the solution of the problem we assume the following assumptions. Firstly, the log has a cylindrical shape and its mass is evenly distributed along the length of the log. Secondly, the centre of mass is located in the middle of the log. Thirdly, the coefficient of friction between the deck and the plastic tray is constant. Thus, obtained results of the mentioned above theoretical studies allow us to calculate the coordinates of the points on the descent line, where it is necessary to establish braking devises in order to reduce the speed of the down moving log.

Keywords: chute system; transportation; hauling down; technology; wood.