

УДК 630. 32.002.5

**ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ФОРМИ НАВІСНОЇ ОПОРИ  
КАНАТНО-ТРЕЛЮВАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ**

**Кий А.В.**, здобувач, НЛТУ України, м. Львів, Україна  
(науковий керівник – професор **Адамовський М.Г.**)

*Наведені теоретичні дослідження оптимальної форми навісної опори канатно-трелювальної системи та встановлені місця точок кріплення до неї розтяжок.*

**Ключові слова:** трелювання, канатно-трелювальна установка, зусилля, система.

**Постановка проблеми і аналіз основних публікацій.** Одна із особливостей лісосировинної бази України заключається в розміщенні лісів у різних рельєфних умовах. При цьому 20% лісових ресурсів приходить на гірський Карпатський регіон [1].

Багаторічні дослідження вчених і практиків лісоводів та лісозаготівельників показали, що найбільш ефективним видом первинного транспортування деревини під час освоєння гірських лісосік являються канатні установки. За своїм призначенням канатні установки є тимчасовими переносними транспортними системами. Економічна доцільність їх використання тим більша, чим легша і більш проста їх конструкція і чим менш трудомісткий їх монтаж. Таким вимогам відповідають, в першу чергу, мобільні канатні установки, яким зараз віддають перевагу як в Україні [2] так і за рубежом [3,4]. Слід відмітити, що зарубіжні малопотужні канатні установки виконані у вигляді технологічного обладнання, змонтованого на відповідній рамі, що може навішуватися до привідного трактора певного тягового класу. Привід барабанів установки здійснюється від гідросистеми трактора. Прикладом такої установки може бути наведена на рис. 1 мобільна канатна установка фірми STEYR.

**Постановка завдання.** На сьогоднішній день в Україні, не зважаючи на гостру потребу різноманітних за призначенням канатних установок, їх випуск не налагоджений. Раніше розроблена Львівським філіалом Івано-франківського ПКПІ мобільна канатна установка ЛЛ-33, успішно пройшла у свій час випробовування, і було випущено 7 екземплярів суто по замовленню підприємств після чого їх випуск припинився.



Рисунок 1 - Мобільна канатна установка фірми STEYR:  
1-рама; 2-привідний трактор; 3-щогла; 4-направляючі блоки; 5-несучий канат;  
6-привідні барабани.

Потребу в канатних установках лісозаготівельні підприємства вирішують двома шляхами: найпоширенішим є використання альтернативних трелювальних засобів (трелювальних тракторів, коней, земляних спусків тощо) часто всупереч вимогам екології та охорони навколишнього середовища.

Другим шляхом є придбання закордонних фірмових канатних установок. Так у Львівському обласному управлінні лісового та мисливського господарства за 2013 рік придбано 7 установок типу «Тайфун». Однак, їх не завжди можуть придбати підприємства в потрібній кількості із-за наявного фінансово-економічного стану та порівняно значної вартості таких установок.

Один з варіантів вирішення цієї проблеми є створення мобільних канатно-трелювальних систем (КТС) [5], запропонованих в Національному лісотехнічному університеті на кафедрі лісопромислового виробництва та лісових доріг. Основна їх перевага від існуючих аналогів заключається в тому, що вони можуть використовуватися, як мобільні канатні установки і як звичайні трелювальні трактори із чокерною системою формування та набору пакета деревини, оскільки барабани лебідки розміщені на трапецеїдальній опорі, яка встановлюється на базовому тракторі. Однак форма опори була запропонована трапецеїдальною, виходячи чисто із конструктивних міркувань. Тому доцільно було би перевірити, найперше теоретичним шляхом, правильність вибору форми опори, що і наводиться в подальших міркуваннях.

**Виклад основного матеріалу.** Відомо, що для забезпечення стійкості привідного трактора канатно-трелювальної системи під час роботи він обов'язково повинен бути закріплений розтяжками. Виходячи із конструктивних особливостей установки [5,6] технологічні зусилля від переміщення пакету деревини першочергово передаватимуться на трапецеїдальну рамну опору, що встановлена на привідному тракторі. Цілком очевидно, що для того щоб уникнути виникнення додаткових напружень в елементах рамної опори розтяжки необхідно кріпити безпосередньо до рами.

Нехай розтяжки прикріплені до рамної опори в точках  $B_1$  і  $B_2$ , як показано на рис. 1. Під дією зусилля  $T$ , що виникає в тяговому канаті під час роботи установки, в розтяжках виникатимуть зусилля  $T_1$  і  $T_2$ , які будуть різними за величиною у випадку, коли кут підтягування деревини  $\beta \neq 90^\circ$ . Крім цього в системі додатково виникатимуть крутні моменти. Крутний момент, викликаний горизонтальними складовими  $T_1^r$  і  $T_2^r$  намагатиметься повернути систему навколо осі  $OZ$ , а моменти, спричинені вертикальними складовими  $T_1^b$  і  $T_2^b$  повертатимуть навколо осі  $OY$ , причому вони протилежні за знаками і різні за величиною.

Під час роботи установки (трелювання деревини) система повинна бути зрівноважена, а це означає, що мають місце рівняння рівноваги:

$$\sum X_i = F_{1x} + F_{2x} + Q_{1x} + Q_{2x} + T \cdot \cos \alpha \cdot \cos \beta - T_1 \cdot \cos \alpha_1 \cdot \cos \beta_1 - T_2 \cdot \cos \alpha_2 \cdot \cos \beta_2 = 0 \quad (1)$$

$$\sum Y_i = F_{1y} + F_{2y} - Q_{1y} - Q_{2y} + T \cdot \cos \alpha \cdot \sin \beta - T_1 \cdot \cos \alpha_1 \cdot \sin \beta_1 - T_2 \cdot \cos \alpha_2 \cdot \sin \beta_2 = 0 \quad (2)$$

$$\sum Z_i = N_1 + N_2 + R_1 + R_2 - G - T \cdot \sin \alpha - T_1 \cdot \sin \alpha_1 - T_2 \cdot \sin \alpha_2 = 0 \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \sum m_{ix} = & G \cdot a_1 - (R_1 + R_2) \cdot (a_1 + b_1) + T \cdot (h + R) \cdot \sin \alpha \cdot \cos \gamma - T \cos \gamma \sin \beta (h + R) \times \\ & \times \sin \gamma + T_1 \cos \alpha_1 \cdot \sin \beta_1 \cdot h \sin \gamma + T_1 \sin \alpha_1 \cdot h \cos \gamma + T_2 \cos \alpha_2 \cdot \sin \beta_2 \cdot h \sin \gamma + \\ & + T_2 \sin \alpha_2 \cdot h \cos \gamma = 0 \end{aligned} \quad (4)$$

$$\sum m_{iy} = (N_1 + R_1)(c + h \operatorname{ctg} \delta) - (N_2 + R_2)(c + h \operatorname{ctg} \delta) + T \cos \alpha \cdot \cos \beta (h + R) \sin \gamma - \quad (5)$$

$$\begin{aligned} & - T_1 \cos \alpha_1 \cdot \cos \beta_1 \cdot h \sin \gamma - T_1 \sin \alpha_1 \cdot c + T_2 \cos \alpha_2 \cos \beta_2 \cdot h \sin \gamma + T_2 \sin \alpha_2 \cdot c = 0 \\ \sum m_{iz} = & ((F_{2y} - F_{1y}) + (Q_{1y} - Q_{2y}))(c + h \operatorname{ctg} \delta) + (Q_{1x} + Q_{2x})(a_1 + b_1) + \\ & + T \cos \alpha \cos \beta (h + R) \cos \gamma - T_1 \cos \alpha_1 \cos \beta_1 \cdot h \cos \gamma + T_1 \cos \alpha_1 \sin \beta_1 \cdot c + \\ & + T_2 \cos \alpha_2 \cos \beta_2 \cdot h \cos \gamma - T_2 \cos \alpha_2 \sin \beta_2 \cdot c = 0 \end{aligned} \quad (6)$$

У випадку втрати стійкості системи (наприклад відрив від ґрунту в точках  $A_1, C_1$  і  $C_2$ ) рівняння (1...6) набувають вигляду:

$$F_{2x} + T \cos \alpha \cos \beta - T_1 \cos \alpha_1 \cos \beta_1 + T_2 \cos \alpha_2 \cos \beta_2 = 0 \quad (1^1)$$

$$F_{2y} + T \cos \alpha \sin \beta - T_1 \cos \alpha_1 \sin \beta_1 - T_2 \cos \alpha_2 \sin \beta_2 = 0 \quad (2^1)$$

$$N_2 - G - T \sin \alpha - T_1 \sin \alpha_1 - T_2 \sin \alpha_2 = 0 \quad (3^1)$$

$$\begin{aligned} G \cdot a_1 + T(h + R)(\sin \alpha \cos \gamma - \cos \alpha \sin \beta \sin \gamma) + T_1 \cdot h(\cos \alpha_1 \sin \beta_1 \sin \gamma + \\ + \sin \alpha_1 \cos \gamma) + T_2 h(\cos \alpha_2 \sin \beta_2 \sin \gamma + \sin \alpha_2 \cos \gamma) = 0 \end{aligned} \quad (4^1)$$

$$\begin{aligned} - N_2(c + h \operatorname{ctg} \delta) + T \cos \alpha \cos \beta (h + R) \sin \gamma - T_1 \cos \alpha_1 \cos \beta_1 \cdot h \sin \gamma - \\ - T_1 \sin \alpha_1 \cdot c + T_2 \cos \alpha_2 \cos \beta_2 \cdot h \sin \gamma + T_2 \sin \alpha_2 \cdot c = 0 \end{aligned} \quad (5^1)$$

$$\begin{aligned} F_{2y} \cdot (c + h \operatorname{ctg} \delta) + T \cos \alpha \cos \beta \cdot (h + R) \cos \gamma - T_1 \cos \alpha_1 \cos \beta_1 \cdot h \cos \gamma + \\ + T_1 \cos \alpha_1 \sin \beta_1 \cdot c + T_2 \cos \alpha_2 \cos \beta_2 \cdot h \cos \gamma - T_2 \cos \alpha_2 \sin \beta_2 \cdot c = 0 \end{aligned} \quad (6^1)$$

Виходячи із рівняння (6<sup>1</sup>) величина реакції  $F_{2y}$ , після виконання певних математичних перетворень, може бути визначена із рівняння

$$\begin{aligned} F_{2y} = \frac{T_1(h \cos \alpha_1 \cos \beta_1 \cos \gamma - c \cdot \cos \alpha_1 \sin \beta_1) - T_2(h \cos \alpha_2 \cos \beta_2 \cos \gamma - c \cdot \cos \alpha_2 \sin \beta_2) -}{c + h \operatorname{ctg} \delta} \\ - T(h + R) \cos \alpha \cos \beta \cos \gamma \end{aligned} \quad (7)$$

Величина реакції сил тертя,  $F_{2y}$ , в опорній точці рами  $A_2$ , може бути виражена залежністю

$$F_{2y} = T_1 \cos \alpha_1 \cdot \sin \beta_1 + T_2 \cos \alpha_2 \sin \beta_2 - T \cos \alpha \sin \beta \quad (8)$$

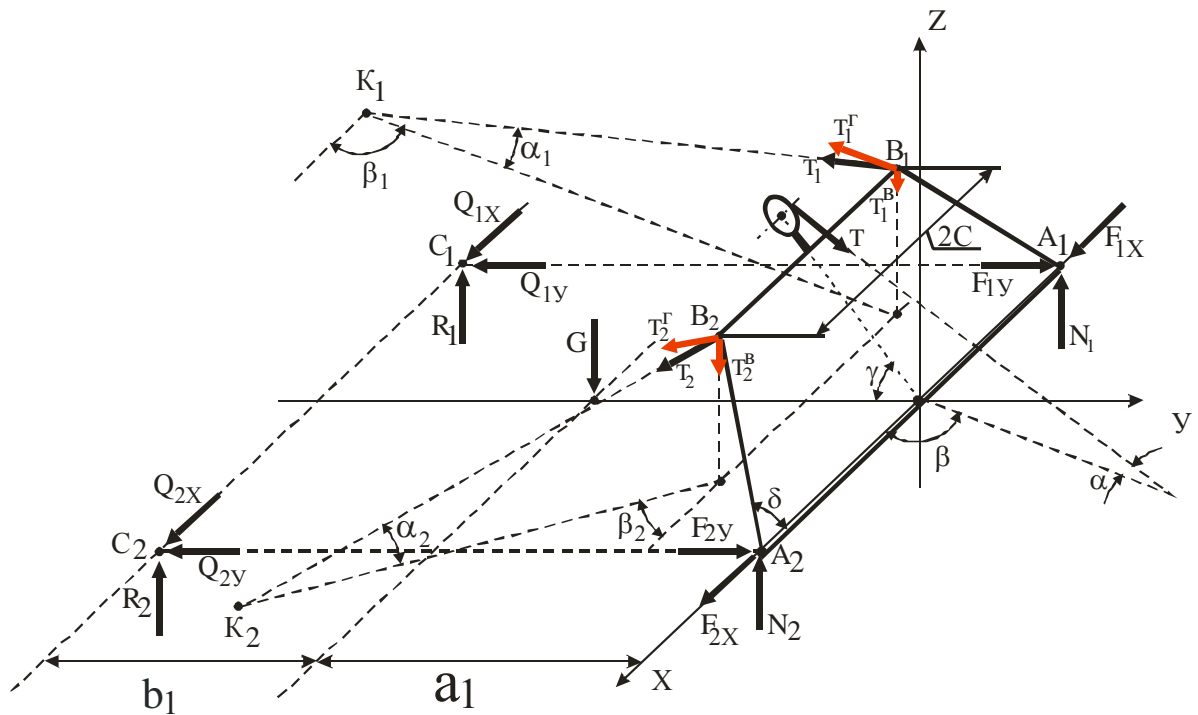


Рисунок 1 - Розрахункова схема для визначення оптимальної точки кріплення розтяжок

Цілком очевидно, що значення  $F_{2y}$  визначені із (7) і (8) будуть різними. Це пояснюється тим, що  $F_{2y}$  визначене із (7) забезпечує неможливість переміщення опорної точки  $A_2$  у напрямі осі  $OY$ , а значення  $F_{2y}$  знайдене із (8) забезпечує неможливість повороту системи навколо осі  $OZ$ . Отже із цих двох значень необхідно вибрати більше із них. Саме воно забезпечить зменшення зусилля у напрямі осі  $OY$  і неможливість повороту системи навколо осі  $OZ$ .

Різниця за величиною значення  $F_{2y}$ , визначеного із залежностей (7), (8) наводить на думку, що показана на рис.1 конструкція канатно-трелювальної системи потребує вдосконалення, оскільки за наявності такої принципіальної схеми установки, сили  $T_1$  і  $T_2$  створюють моменти, які можуть викликати повороти системи навколо осей  $OZ$  і  $OY$ .

Отже, щоб уникнути виникнення цих моментів, які спричиняються до втрати стійкості системи, необхідно, найперше, змінити форму самої опори, прийнявши її не трапецеїдальною, а трикутною і у вершині опори-трикутника повинен бути змонтований направляючий блок. Крім цього закріплювати розтяжки необхідно в точках, які знаходяться на осі повороту рухомого блока і так, щоб лінії дії сил  $T$ ,  $T_1$  і  $T_2$  перетинали вісь  $OK$  повороту рухомого блока в одній точці. У цьому випадку величина  $C = 0$ .

## Список літератури

1. Карпати.[Електронний ресурс]. Доступний 3  
<http://uk.wikipedia.org/wiki/Карпати>

2. Шкіря Т.М. Машины та обладнання лісосічних і лісо складських робіт: [підручник]/ Т.М. Шкіря. – Львів: Тріада Плюс, 2008. – 436 с.
3. Koller Forsttechnik. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www.kollergmbh.com](http://www.kollergmbh.com). Загол. з екрану. Мова німецька.
4. Konrad Forsttechnik GmbH. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www.forsttechnik.at](http://www.forsttechnik.at). Загол. з екрану. Мова німецька.
5. А.В.Кий Патент України на корисну модель № 45009 від 26.10.2009 року.
6. Кий А.В. Альтернативні засоби первинного транспортування деревини /А.В. Кий// Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – Харків, 2012.-Вип. 123. – С.223-228.

## Аннотация

### **ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ФОРМЫ НАВЕСНОЙ ОПОРЫ КАНАТНО-ТРЕЛЕВОЧНОЙ УСТАНОВКИ**

Кий А.В., Адамовский Н.Г.

*Приведены теоретические исследования оптимальной формы навесной опоры канатно-трелевочной системы и установленные места точек крепления к ней растяжек.*

## Abstract

### **THEORETICAL STUDIES FOR THE OPTIMAL SHAPE OF ATTACHED SUPPORT OF THE CABLE-SKIDDING UNIT**

A. Kyu, M. Adamovskyu

*The theoretical studies of the optimal shape of cable-skidding system frame support have been presented and the places of guylines attachment points to the frame support have been established.*