

УДК 621.86

Ляшук О.Л., Колесник О.Л., Мельничук С.Л.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПІДВІСНИХ МЕХАНІЗМІВ ПІДНІМАЛЬНО-ТРАНСПОРТНИХ ЛЕБІДОК

Приведена конструкція канатного механізму перевезення вантажів має класичне компоновання, яке виконане у вигляді двох опор, які з'єднані між собою на певній висоті. Причому перша із них має більшу висоту, а друга меншу, при цьому приведена аналітична залежність сумарного прогину траси переміщення. Розрахункова схема для визначення кута підйому вантажу використано побудову багатокутника сил. Відповідно розрахункова схема містить вагу кривої канату, тиск роликів, а також бісектрису кута між натягами паралельних тягівому зусиллю.

Lyashuk A., Kolesnik O. Melnychuk S.

SUBSTANTIATION OF PORTABLE WINCH PARAMETERS ELEVATED OF LOAD CAPACITY

Portable Hoisting transport winches (PTL) with screw supports are widely used for lifting, lowering, towing vehicles and cargo tension lines radio and electricity, the cultivation of hops and grapes, when laying various types of wires, pipes in the ground and underwater trench, and on the shores of rivers, lakes and seas, where recent set of sports and entertainment centers, as well as for building and repair work where there are no any support.

We have developed a portable winch with increased bending strength in resource which is used as a support for pipes with external half-round performances that placed evenly around the circle. This inner hole is in conjunction with the supporting cylindrical tube and handle, a cross section which is similar to the shape of the internal profile support with the possibility of relative movement. The lower end of the cylindrical tube made of supporting flap perpendicular to the axis of the hexagonal central hole, which is in the periodic interaction with tapered hex end of drive lever for winding the cable on the drum.

Established that the load capacity of the supporting tube outer half-round performances compared with cylindrical different sizes of cylindrical anchor tube according to preliminary calculations are at 4..10 times more than conventional cylindrical.

For research designed and manufactured three different types of screw supports. The first characteristic that is used as a support for solid rods, the second – and third cylindrical tube – a cylindrical pipe with external radius performances. As used one turn spiral towers and two turns of support. Material rod and pipes – St 3 or St 45, and helical towers St3, St08kp or 65G.

Key words: portable winch, winding resistance, load capacity, grounding options.

Ляшук А.Л., Колесник А.Л., Мельничук С.Л.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОДВЕСНЫХ МЕХАНИЗМОВ ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫХ ЛЕБЕДОК

Приведена конструкція канатного механізму перевезення вантажів має класичну компоновку, виконану в вигляді двох опор, які з'єднані між собою на певній висоті. Причому перша із них має більшу висоту, а друга менше, при цьому приведена аналітична залежність сумарного прогину траси переміщення. Розрахункова схема для визначення кута підйому вантажу використано побудову багатокутника сил. Відповідно розрахункова схема містить вагу кривої канату, тиск роликів, а також бісектрису кута між натягами паралельних тягівому зусиллю.

Результати досліджень. Канатні підвісні механізми широко використовуються у якості транспортуючих пристроїв завдяки відносній простоті конструкції та відсутності класичних транспортних шляхів. Відповідно дані пристрої дозволяють транспортувати вантажі на похилих схилах, особливо у гірській місцевості, і на значні відстані. Канатний механізм переміщення вантажів, який виконано у вигляді... (рис.1).

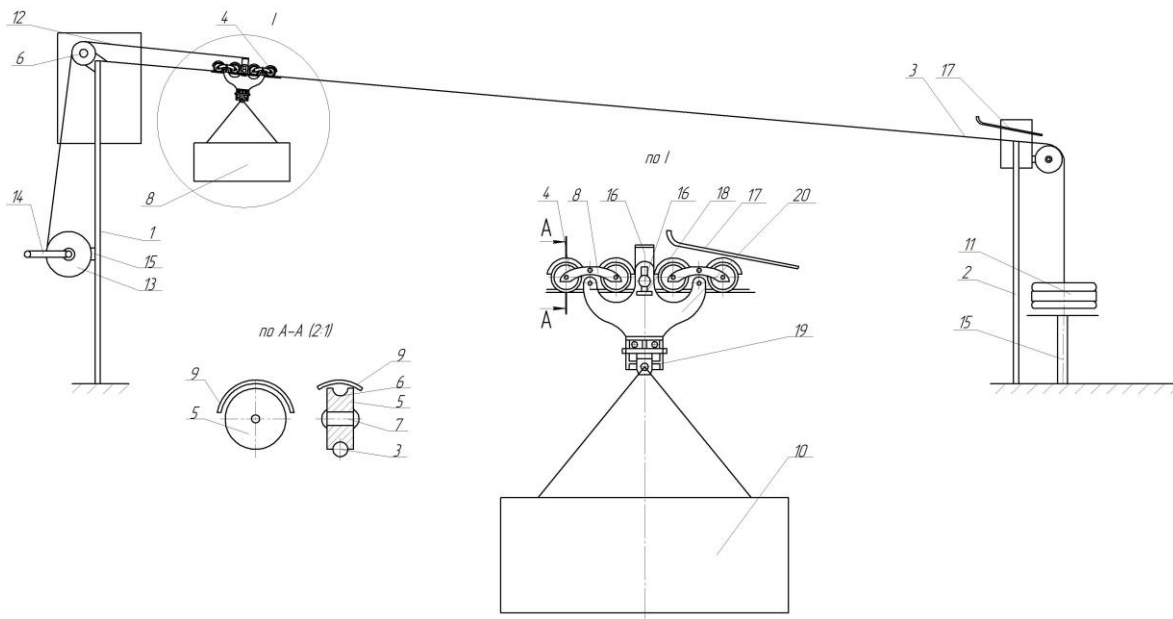


Рисунок 1 – Загальний вигляд канатного механізму переміщення вантажів

Методика розрахунку параметрів основних та відповідальних елементів аналогічних конструкцій відома давно [1, 2]. Свій вклад у методологію розрахунку канатних пристроїв внесли і сучасні науковці [3, 4], проте відповідно до індивідуальних особливостей певних пристроїв вона має свою специфіку. Запропонована конструкція канатного механізму для переміщення вантажів має класичне компонування, тобто його виконано у вигляді двох опор – передньої і задньої, які з’єднані між собою на певній висоті канатом. Причому перша із них має більшу висоту, а друга меншу. Відповідно буде спостерігатися провисання канату під власною вагою, а додаткове провисання забезпечує вага вантажу (рис.2).

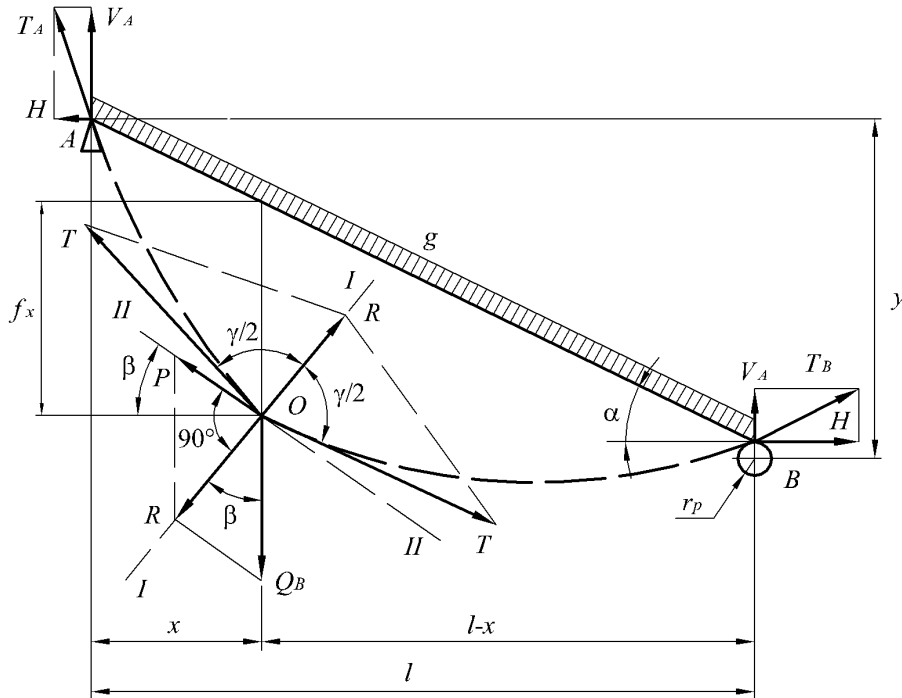


Рисунок 2 – Схема дії сил на елементи канатної траси

На даний час відома методика розрахунку сумарного прогину канатної траси, але у даній конструкції передбачено противагу, яка зменшує провисання канату. Сумарний прогин канату у довільній точці траси рівний [1]

$$f_x = \frac{x(l-x)}{2H} \left(\frac{g}{\cos \alpha} + \frac{2Q_B}{l} \right), \quad (1)$$

де x – відстань від опори до місцезнаходження вантажу;

l – відстань між опорами.

H – горизонтальна складова натягу каната;

g – погонна маса каната;

Q_B – маса вантажу.

Кут підйому траси α можна визначити згідно розрахункової схеми

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{y - r_p}{l}, \quad (2)$$

де y – різниця висоти між опорами;

r_p – радіус натяжного ролика.

Відповідно сумарний прогин траси рівний

$$f_x = \frac{x(l-x)}{2H} \left(\frac{g}{\cos \left[\arctg \left(\frac{y - r_p}{l} \right) \right]} + \frac{2Q_B}{l} \right). \quad (3)$$

Провисання канату спостерігається у вигляді деякої кривої прогину. Відповідно у місці розміщення вантажу масою Q_B ця крива буде ламаною. У місці розламу діє натяг канату T , вектори якого різнонапрямлені і утворюють кут γ між собою. Рівнодіюча натягу рівна тиску вантажу і напрямлена по бісектрисі кута γ в напрямку осі $I-I$. Для рівноваги вантажу до нього необхідно прикласти певне тягове зусилля. Оскільки вантаж розміщується у вагонетці то вона взаємодіє із канатом через відповідні ролики, тобто тягове зусилля напрямлене в напрямку осі $II-II$ перпендикулярно тиску роликів. Якщо не враховувати опір коченню у роликах, то дане тягове зусилля можна розрахувати за відомою формулою [1]

$$P = Q_B \sin \beta, \quad (4)$$

де β – розрахунковий кут підйому вантажу.

Рівнодійна натягу N канату по обидва боки від вантажу (рис.3) буде напрямлена під кутом до осі $II-II$, але її проекція на вісь $II-II$ повинна бути рівна P . Тиск роликів вагонетки рівний

$$R = Q_B \cos \beta + Q_K, \quad (5)$$

де Q_K – тиск на ролики від канату.

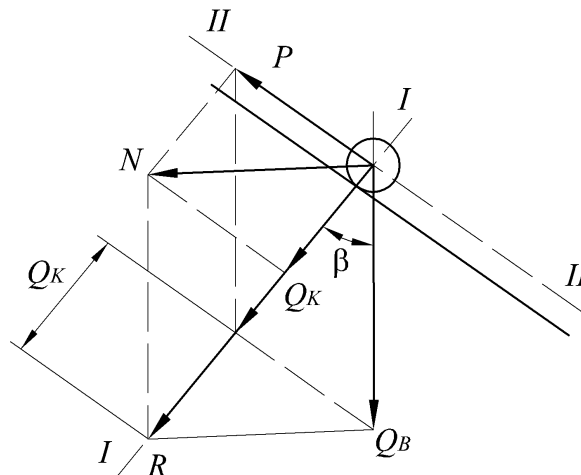


Рисунок 3 – Схема дії сил, які діють на ролик вагонетки

Для визначення кута підйому вагонетки можна використати метод побудови багатокутника сил [1]. Розрахункову схему складаємо на основі напрямків векторів сил згідно рис.2, 3. Відповідно наша схема (рис.4) містить вагу кривої канату BO 1-3, вагу вантажу 3-5, тягове зусилля 5-6, тиск від канату 6-7 і вагу кривої OA канату 7-8. Відрізок 3-6 представляє тиск роликів, а промінь $O-4$ – бісектрису кута між натягами T , паралельну тяговому зусиллю P .

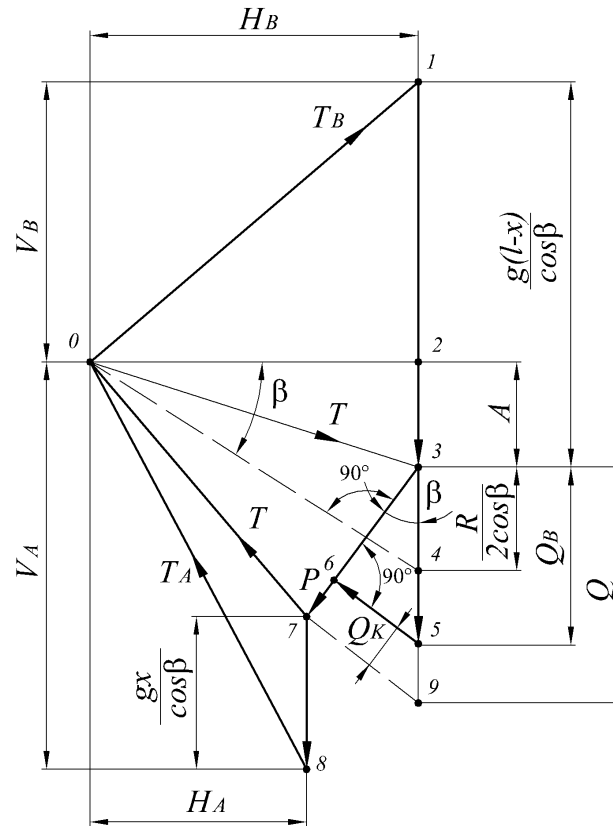


Рисунок 4 – Розрахункова схема для визначення кута підйому вантажу

Відповідно з $\Delta O42$ можна визначити кут підйому вантажу β .

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{A + \frac{R}{2 \cos \beta}}{H_B} = \frac{1}{H_B} \left[A + \frac{1}{2} \left(Q_B + \frac{Q_K}{\cos \beta} \right) \right], \quad (6)$$

вводимо у рівність (6) відповідні позначення згідно розрахункової схеми

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{1}{H_B} \left[\frac{g(l-x)}{\cos \beta} - V_B + \frac{1}{2} \left(Q_B + \frac{Q_K}{\cos \beta} \right) \right]. \quad (7)$$

Аналізуючи розрахункові схеми можна задатись, що $\cos \alpha \approx \cos \beta$, відповідно рівність (7) набуде вигляду

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{1}{H_B} \left[\frac{g(l-x)}{\cos \alpha} - V_B + \frac{1}{2} \left(Q_B + \frac{Q_K}{\cos \alpha} \right) \right]. \quad (8)$$

Розрахункове значення маси зосередженого вантажу рівне [1]

$$Q = Q_B + \frac{Q_K}{\cos \alpha}. \quad (9)$$

Отже рівність (8) набуде виду

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{1}{H_B} \left[\frac{g(l-x)}{\cos \alpha} - V_B + \frac{Q}{2} \right]. \quad (10)$$

Згідно проведених досліджень [1] значення вертикальної реакції V_B рівне

$$V_B = V_B^0 - H_B \operatorname{tg} \alpha = \frac{gl}{2 \cos \alpha} + \frac{x}{l} Q - H_B \operatorname{tg} \alpha. \quad (11)$$

Відповідно у кінцевому результаті отримаємо

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{y - r_p}{l} + \frac{(l - 2x)}{2H_B} \left(\frac{g}{\cos \alpha} + \frac{Q}{l} \right). \quad (12)$$

З врахуванням формули (13) значення тягового зусилля рівне

$$P = Q_B \sin \left\{ \operatorname{arctg} \left[\frac{y - r_p}{l} + \frac{(l - 2x)}{2H_B} \left(\frac{g}{\cos \alpha} + \frac{Q}{l} \right) \right] \right\}. \quad (13)$$

Маючи теоретичну залежність зміни тягового зусилля від основних конструктивно-силових параметрів канатного механізму, можна проаналізувати їх вплив на зміну того чи іншого параметра з метою вибору оптимальних значень.

Аналізуючи отримані розрахункові значення тягового зусилля в залежності $P = f(Q_B)$ (рис.5) встановлено, що дана функція є лінійною не залежно від зміни інших параметрів. Також на значення величини тягового зусилля істотний вплив, як і очікувалось, мають довжина траси l і кут її підйому α . Інші параметри незначно змінюють величину тягового зусилля, оскільки прямо залежать від вище вказаних величин. Це встановлено на прикладі погонної маси каната g , функція $P = f(g)$. Зміна тягового зусилля P знаходиться в межах 0,4...0,7%, що не може істотно впливати на вибір елементів механізму. Якщо провести аналогічну графопобудову із зміною довжини траси – то розходження знаходяться в межах 8%. Проте для підтвердження даного припущення необхідна серія експериментальних досліджень.

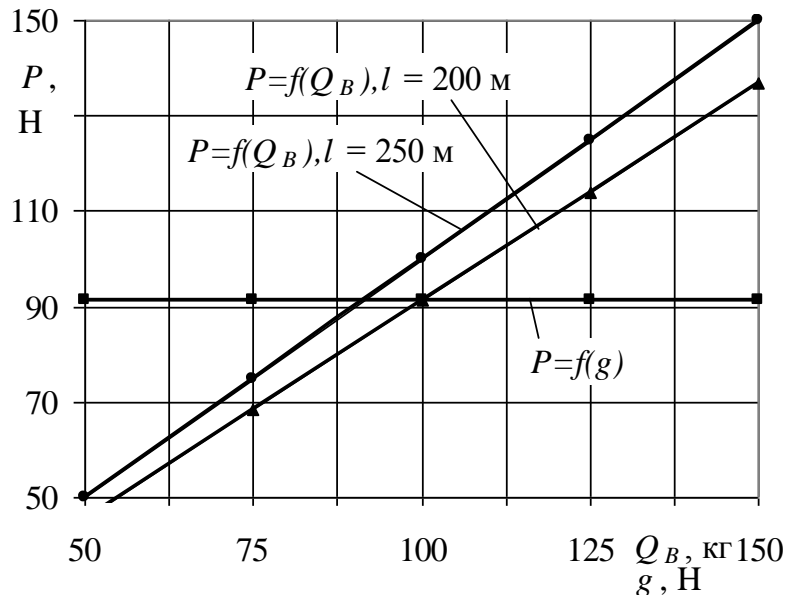


Рисунок 5 – Залежність зміни величини тягового зусилля

від кута маси вантажу $P = f(Q_B)$ і зміни величини тягового зусилля від погонної маси каната $P = f(g)$

Графічні залежності, які представлені на рис.5 дають змогу оцінити вплив того чи іншого параметра (при заданих інших), на величину тягового зусилля, а також можуть бути основою для розробки інженерної методики проектування аналогічних пристроїв.

Література

1. Дукельский А.И. Подвесные канатные дороги и кабельные краны. - М.: Машиностроение, 1966. - 484 с.
2. Беркман М.Е. Подвесные канатные дороги. - М.: Машиностроение, 1984. - 264 с.
3. Горячев Ю.К. До питання про раціональне розміщення опор підвісної канатної дороги маятникового типу / Ю. К. Горячев, О. С. Куроп'ятник // Вісник ДДМА. – 2011. – № 2 (33). – С. 30–37.
4. Тисовський Л.О. Дослідження закономірностей руху вантажу вздовж канатної транспортної установки / Л. О. Тисовський, І. М. Рудько // Підйомно-транспортна техніка. – 2005. – № 4. – С. 22-28.

Стаття надійшла до редакції 29.03.2016.