

УДК 621.86

О.А. Колесник, О.Я. Гурик, А.І. Пік, М.І. Клендій, С.Л. Мельничук
 Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ПІДНІМАЛЬНО-ТРАНСПОРТНОЇ ЛЕБІДКИ

Переносні піднімально-транспортні лебідки (ПТЛ) з гвинтовими опорами широко використовуються для піднімання, опускання вантажів, буксирування автомобілів та вантажів, натягування ліній радіо та електропередач, при вирощуванні хмелю та винограду, при прокладанні різних типів проводів, трубопроводів в землі та підводні траншеї, і на узбережжях рік, озер і морів, де останнім часом встановлюють спортивно-розважальні комплекси, а також для будівельних та ремонтних робіт, де відсутні будь які опори.

Нами розроблена переносна лебідка з підвищеним ресурсом згинної міцності в якій в якості опори використовують труби з зовнішніми півкруглими виступами, які розміщено рівномірно по колу. При цьому внутрішній отвір є у взаємодії з опорною циліндричною трубою і рукояткою, поперечний переріз якої є аналогічний форми внутрішнього профілю опори з можливістю відносного переміщення. Нижній кінець циліндричної опорної труби виконано з заглушкою перпендикулярно осі з шестиграним центральним отвором, який є у періодичній взаємодії з конічним шестиграним кінцем приводної рукоятки для намотування троса на барабан.

Приведені аналітичні залежності для визначення силових параметрів ПТЛ для виконання відповідних операцій.

Ключові слова: піднімально-транспортна лебідка, переміщення вантажів, натяг канатів.

А.А. Колесник, О.Я. Гурик, А.И. Пик, М.И. Клендий, С.Л. Мельничук
ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНОЕ ЛЕБЕДКИ

Переносные поднимально-транспортные лебедки (ПТЛ) с винтовыми опорами широко используются для подъема, опускания грузов, буксировки автомобилей и грузов, натягивания линий радио и электропередач, при выращивании хмеля и винограда, при прокладке различных типов проводов, трубопроводов в земле и подводные траншеи, и на побережьях рек, озер и морей, где в последнее время устанавливают спортивно-развлекательные комплексы, а также для строительных и ремонтных работ, где отсутствуют любые опоры.

Нами разработана переносная лебедка с повышенным ресурсом сгибательной прочности в которой в качестве опоры используют трубы с внешними полукруглыми выступами, которые размещены равномерно по кругу. При этом внутреннее отверстие у взаимодействии с опорной цилиндрической трубой и рукояткой, поперечное сечение которой есть аналогичный формы внутреннего профиля опору с возможностью относительного перемещения. Нижний конец цилиндрической опорной трубы выполнен с заглушкой перпендикулярно оси с шестигранным центральным отверстием, у периодической взаимодействия с коническим шестигранным концом приводной рукоятки для намотки троса на барабан.

Приведены аналитические зависимости для определения силовых параметров ПТЛ для выполнения соответствующих операций.

Ключевые слова: подъемно-транспортное лебедка, перемещения грузов, натяжение канатов.

O. Kolesnik, O. Huryk, A. Peak, M. Klendiy, S. Melnychuk
RATIONALE FOR SETTING LIFTING-TRANSPORTING WINCHES

Portable pidnomilno transport winches (PTL) with screw supports are widely used for lifting, lowering, towing vehicles and cargo, stretching lines radio and electricity, the cultivation of hops and grapes when laying different 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 complexes, and for building and repair work where there are no any support.

We have developed a portable winch with high bending strength in resource which is used as a support for pipes with external semicircular ridges that are placed evenly around the circumference. 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 bearing cap 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.

Analytical dependences are given for determining power parameters PTL to perform the operations.

Keywords: Lifting-transport winch, cargo movement, tension ropes.

Постановка питання. Піднімально-транспортні лебідки (ПТЛ) широко використовують для покращення техніко-економічних показників засобів механізації і автоматизації технологічних процесів і особливо підвищення їх вантажопідйомності та розширення технологічних можливостей. Вони широко використовуються для піднімання і опускання вантажів, натягування канатів ліній радіо і електропередач, при вирощуванні хмелю і винограду, при прокладанні різних типів проводів, трубопроводів в земляні та підводні траншеї, і на узбережжях рік, озер і морів, де останнім часом встановлюють спортивно-розважальні комплекси.

Аналіз останніх результатів досліджень. Питанням розроблення піднімально-транспортних лебідок для виконання різних операцій присвячені праці Іванченка Ф.К. [1], Вайсона

В.А. [2], Мартинцева М.П. [3], Краснікова [4], Гевко Б.М. [5], Колесника О.А. [6] та багатьох інших. Однак цілий ряд питань розширення технологічних можливостей ПТЛ, зменшення енергоматеріальних ресурсів з покращеними умовами їх експлуатації та інші потребують свого вирішення.

Мета роботи – розробити просту конструкцію ПТЛ і вивести аналітичні залежності для визначення силових параметрів канатів при виконанні різних операцій.

Реалізація роботи. ПТЛ, яка представлена на рис.1 [7] виконана у вигляді корпусу 1, який складається з лівої 2 і правої 3 видовжених пластин, які зверху і знизу жорстко з'єднані горизонтальними планками 4 і 5. В простір між ними встановлено привідний барабан 6 з жорстко закріпленим на ньому кінцем каната 7, який на нього намотаний. Привідний барабан 6 жорстко встановлений на храпову втулку 8 з можливістю спільного обертowego переміщення. З правого кінця храпова втулка 8 виконана у вигляді храпового виступу 9, через який жорстко з'єднана з відповідним кінцем храпового виступу 10 редуктора 11.

Між лівою стороною привідного барабана 6 і лівою видовженою пластиною 2 корпусу 1 жорстко на храповій втулці 8 встановлено храпове колесо 12, яке взаємодіє з храповою собачкою 13, яка жорстко встановлена на лівій 2 видовженій пластині, яка підтискується пружиною 14 до храпового колеса.

До правої видовженої пластини 3 жорстко закріплено корпус циліндричного редуктора 11, який складається з приводного вала 15 на лівому кінці якого виконано зубчате зачеплення 16. Останнє є у взаємодії з трьома зубчастими сателітами 17, які розміщені рівномірно по колу, а протилежні діаметри, які взаємодіють з внутрішнім зубчастим вінцем 18 з можливістю кругового провертання. Останні з двох сторін встановлені в кронштейн 19, який своїми зовнішніми циліндричними опорами встановлений в корпусі редуктора 11 через підшипники кочення. Лівий кінець кронштейна 19 виконано у вигляді храпового виступу редуктора 11 і взаємодіє з храповим виступом храпової втулки 8.

На правому кінці приводного вала 15 виконана квадратна лиска 20, яка взаємодіє з рукояткою 21 або механізованим приводом.

Опорою 23 даної лебідки можуть бути стовбури дерев, різні існуючі опори, рамні конструкції, що спрощує конструкцію прототипу і покращує умови роботи.

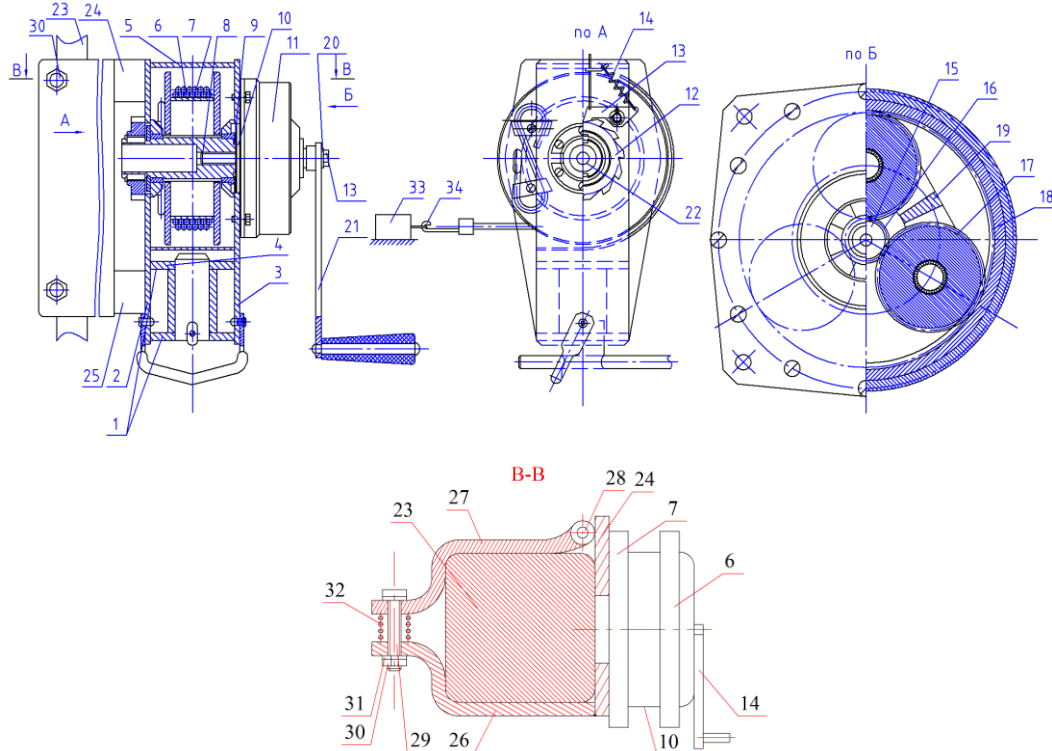


Рис. 1.- Лебідка піднімально-транспортна

Для забезпечення нормальних умов роботи лебідки до лівого торця лівої видовженої пластини 2 корпусу 1 лебідки зверху і знизу горизонтально жорстко закріплені упорні пластини зверху 24, а знизу 25 товщиною більшою храпової гайки. До упорних пластин 24 і 25 зліва

жорстко закріплена зверху і знизу нерухома петля 26, яка охоплює і є у взаємодії з опорою 23 і має її профіль. До правої сторони упорних пластин 24 і 25 жорстко закріплена відкидна петля 27 на шарнірах 28, яка взаємодіє з опорою 23 з другої сторони і є співвісною до лівої нерухомої петлі 26. Обидві петлі 26 і 27 стягнуті стяжними болтами 29 з гайками 30 і шайбами 31. Крім цього в зону між петлями встановлено розпорні пружини 32, щоб гайки 30 не розкручувалися.

Для під'єднання вантажу 33 з тросом 7 служить гак 34.

Робота лебідки піднімально транспортної здійснюється наступним чином. Спочатку її кріплять до опори 23, для цього стяжні болти 29 викручують з гайок 30, відкидну петлю 27 відводять вправо і приставляють і кріплять до опори 23. Після цього гак 34 зачіпляють до вантажу 33 з тросом 7, який розмотують на необхідну довжину.

Завершивши комплекс підготовчих робіт за допомогою рукоятки 21 або механізованого приводу вантаж 33 переміщують в задане місце, намотуванням троса 7 на приводний барабан 6, а собачка 13 фіксує положення вантажу за допомогою храпового колеса 12.

Використовувати лебідку можна і в інших випадках, наприклад, для піднімання вантажів в лісній промисловості, оснащувати лебідками автомобільну та автотракторну техніку. Їх також можна використовувати для натягування ліній електропередач, канатів на хмільних, виноградних плантаціях та інших транспортних та піднімальних операціях.

Для дослідження лінійних коливань системи розглянемо коливання системи під час завантаження лебідки. Тоді розрахункову схему можна представити у вигляді розрахункової схеми (рис.2).

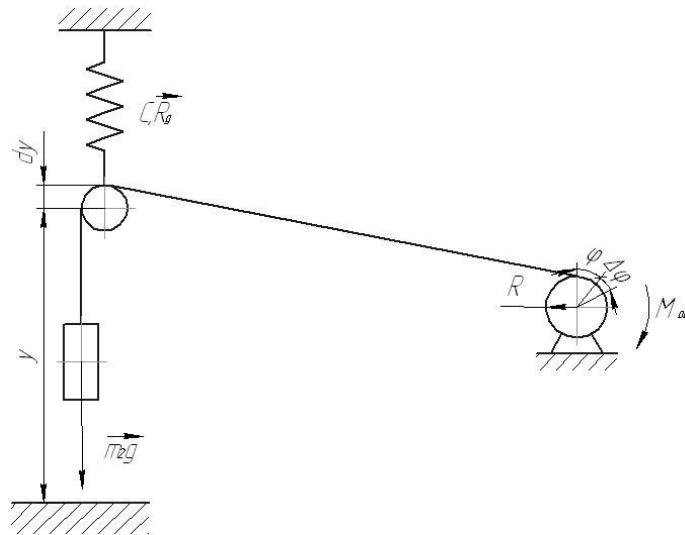


Рис. 2. - Розрахункова схема завантаження лебідки

Для такої системи рівняння завантаження будуть мати вид [2]:

$$\left. \begin{aligned} \frac{d}{dt} \cdot \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\phi}} \right) - \frac{\partial T}{\partial \phi} &= Q_1 \\ \frac{d}{dt} \cdot \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{y}} \right) - \frac{\partial T}{\partial y} &= Q_2 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Для дослідження узагальнених сил Q_1 і Q_2 . необхідно надати системі можливі належні переміщення [3, 4].

$$\left. \begin{aligned} Q_1 &= M_{об} - m_2 \cdot g \cdot R; \\ Q_2 &= m_2 \cdot g - C_{кан} \cdot y, \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

де m_1 - маса барабану; m_2 - маса вантажу; R - радіус барабану; $M_{об}$ - обертовий момент на барабані. Кінетичну енергію системи можна визначити з рівності :

$$T = T_1 + T_2, \quad (3)$$

$$\text{де } T_1 = \frac{1}{2} I_1 \cdot \dot{\phi}^2; \quad T_2 = \frac{1}{2} m_2 \cdot v_2^2.$$

В даному випадку: $I_1 = m_1 \cdot R^2$;

$$V_2 = \vec{V}_c + V_e \text{ і } V_2 = y - R \cdot \dot{\varphi}. \quad (4)$$

Після підстановки значень T_1 і T_2 в рівняння (3) отримаємо:

$$T = \frac{1}{2} m_1 \cdot R^2 \cdot \dot{\varphi}^2 + \frac{1}{2} m_2 \cdot \left(\dot{y} - R \cdot \dot{\varphi} \right)^2. \quad (5)$$

Звідси:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial T}{\partial \varphi} &= m_1 \cdot R^2 \cdot \dot{\varphi} - m_2 \cdot R \cdot (y - R \cdot \dot{\varphi}) \\ \frac{\partial T}{\partial y} &= m_2 \cdot (\dot{y} - R \cdot \dot{\varphi}) \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Підставляючи знайдені величин з цих залежностей в рівняння (2.69) отримаємо:

$$\left. \begin{aligned} (m_1 + m_2) \cdot R \cdot \ddot{\varphi} - m_2 \cdot \ddot{y} &= \frac{M_{об}}{R} - m_2 \cdot g \\ -m_2 \cdot R \cdot \ddot{\varphi} + m_2 \cdot \ddot{y} &= m_2 \cdot g - C_{екв} \cdot y \end{aligned} \right\}. \quad (7)$$

Вилучивши з рівнянь (7) $R \cdot \ddot{\varphi}$, отримаємо диференційне рівняння відносних коливань системи, які здійснюються з частотами вільних коливань K :

$$\ddot{y} + K^2 \cdot y = \frac{M_{об}}{m_1 \cdot R} + g, \quad (8)$$

де $K = \sqrt{C_{кан} \cdot \frac{m_1 + m_2}{m_1 \cdot m_2}}$.

$C_{кан}$ - жорсткість несучого канату Н/м; K – частота вільних коливань системи, 1/с.

Абсолютний рух вантажу по канату виконується за законом $S = y - R \cdot \varphi$. Цей рух, як і обертання барабану супроводжується коливаннями з частотою K .

Загальний розв'язок рівняння (8) можна представити у виді:

$$y = y_1 + y_2 \quad (9)$$

$$\ddot{y}_1 + K^2 \cdot y_1 = 0; \quad y_1 = A \cdot \sin(kt + a), \quad (10)$$

y_1 - загальний розв'язок однорідного рівняння; A – амплітуда коливань, м; a – початкова фаза, град.

y_2 - загальний розв'язок неоднорідного рівняння; $y_2 = B$.

Якщо $M_{об} = const$, $B = \frac{M_{об}}{K^2 \cdot m_1 \cdot R} + \frac{g}{K^2}$.

Загальний розв'язок прийме вигляд:

$$y = A \cdot \sin(kt + a) + \frac{M_{об}}{K^2 \cdot m_1 \cdot R} + \frac{g}{K^2}. \quad (11)$$

Якщо обертовий момент змінюється за певним законом, $M_{об} = M \cdot \sin(pt)$, тоді:

$$\left. \begin{aligned} y_2 &= B \cdot \sin(pt) + D; \\ \dot{y}_2 &= Bp \cdot \cos pt; \\ \ddot{y}_2 &= -Bp^2 \cdot \sin pt; \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

$$-Bp^2 \cdot \sin pt + K^2 D = \frac{M \cdot \sin pt}{m_1 \cdot R} + g.$$

Звідси: $-Bp^2 + K^2 B = \frac{M}{m_1 \cdot R}$;

$$B = \frac{M}{m_1 \cdot R \cdot (K^2 - p^2)}. \quad (13)$$

$$K^2 D = g; \quad D = \frac{g}{K^2}.$$

Загальний розв'язок прийме вид:

$$y = A \cdot \sin(kt + \alpha) + \frac{M}{m_1 \cdot R \cdot (K^2 - p^2)} \cdot \sin pt + \frac{g}{K^2}. \quad (14)$$

У випадку резонансу:

$$y_2 = B \cdot t \cdot \cos pt + D;$$

$$\dot{y}_2 = B \cdot \cos(pt) - B \cdot p \cdot t \cdot \sin pt;$$

$$\begin{aligned} \ddot{y}_2 &= -B \cdot p \cdot \sin pt - B \cdot p \cdot \sin pt - B \cdot p^2 \cdot t \cdot \cos pt = \\ &= -2B \cdot p \cdot \sin pt - p^2 \cdot B \cdot \cos pt; \end{aligned} \quad (15)$$

$$B = -\frac{M}{m_1 \cdot R \cdot 2p}; \quad D = \frac{g}{K^2}.$$

Закон вимушених коливань при резонансі прийме вид:

$$y_2 = -\frac{M}{m_1 \cdot R \cdot 2p} \cdot t \cdot \cos pt + \frac{g}{K^2}. \quad (16)$$

При заданих основних параметрах установки та режимі експлуатації можна обчислити частоти K та P . Наведемо часові залежності частоти і амплітуди коливань несучого і тягово-вантажопідіймального канатів для установки, схема якої показана на рис.2.

Аналіз виконано для випадку: несучий канат ГОСТ 2688, $n=2.0$; $f_{cm/l} = \frac{1}{20}$; тягово-вантажопідіймний канат ГОСТ 2688; $n=3.0$; $D_\sigma=200$ мм; $V = 5$ м/с [5,6]. На рис. 3 показано графічні залежності частоти коливань канатів від параметрів установки.

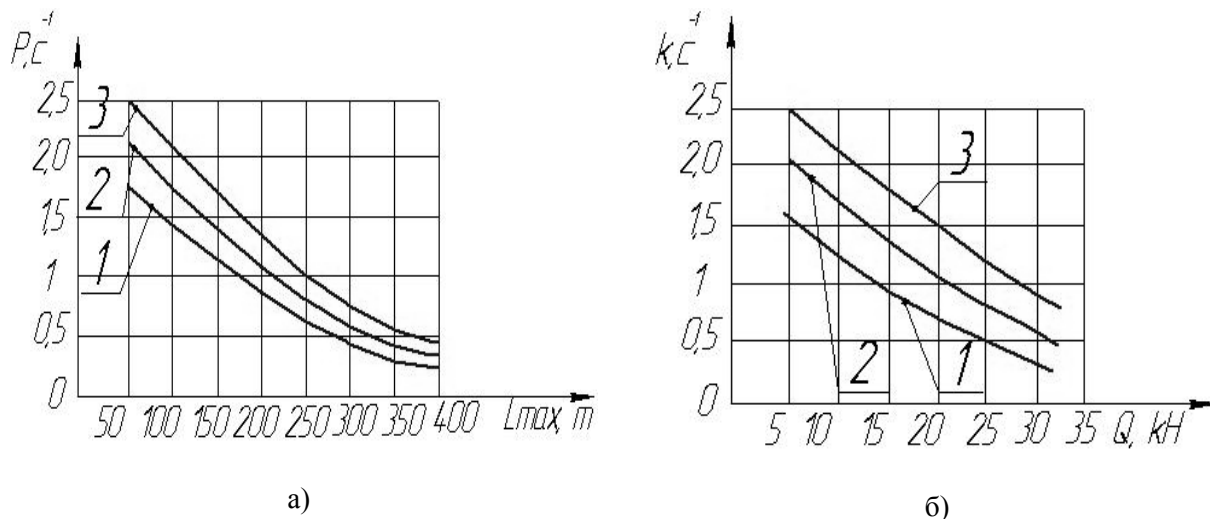


Рис. 3.- Частота коливань канатів: а) несучого канату: 1- $Q=8$ кН; 2- $Q=16$ кН; 3- $Q=32$ кН; б)тягово-вантажопідіймального канату: 1- $C_{сист} = 10$ кН/м; 2- $C_{сист} = 20$ кН/м; 3- $C_{сист} = 30$ кН/м.

На основі проведених досліджень можна зробити наступні висновки.

Розроблена конструкція Лебідка піднімально-транспортна. Приведена конструкція лебідки переносної підвищеної навантажувальної здатності. Спроектвані і виготовлені гвинтові опори 3^x типорозмірів діаметрами 22-120мм і довжиною 400...1200мм. Розроблена методика проведення експериментальних досліджень з використанням "Altivar71". Приведені аналітичні залежності для визначення силових параметрів ПТЛ для відповідних операцій.

Список використаних джерел:

1. Іванченко Ф.К. Піднімально-транспортні машини.-К.:Вища школа.1993.-464ст.
2. Вайсон А.А. Подъемно-транспортные машины. М.:Машиностроение,1975.-431 ст.
3. Мартинців М.П., Бичинюк І.В., Матвішин М.В. Вибір сталевих канатів для оснащення підвісних лісо транспортних установок./Сб.науч.Тр.стальные канаты №5.-Одесса.Астропринт.2007-175-182ст.
4. Красников В.В. Подъемно-транспортные машины. М.:Агропромдат, 1987.-464ст.
5. Гевко Б.М., Колесник О.А., Марчук М.М., Клендій В.М., Мельничук С.Л. "Науково-прикладні основи проектування піднімально-транспортних лебідок". Рівне, 2016.
6. Колесник О.А. Обґрунтування параметрів піднімально-транспортних лебідок з гвинтовими опорами. Автореф. канд. техн. наук. Тернопіль 2009,21ст.
7. Патент №278031 Україна. Лебідка піднімально-транспортна. Ляшук О.Л., Колесник О.А. Бюл.№18,2007.

Стаття надійшла до редакції 16.02.2017