

ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ГВІНТОВОЇ ПІДНІМАЛЬНО-ТРАНСПОРТНОЇ ЛЕБІДКИ

Гевко І.Б., к. т. н., Колесник О.А.

Тернопільський державний технічний університет ім. Івана Пулюя

Приведена конструкція і принцип роботи гвинтової лебідки. Виведені аналітичні залежності для визначення моменту загвинчування опори гвинтової лебідки в ґрунт і максимально допустимого зусилля тяги в залежності від ряду факторів.

Піднімально-транспортні лебідки знайшли широке використання як в сільському господарстві для натягування канатів при вирощуванні хмелю і винограду так і в енергетиці і зв'язку для натягування ліній електро- і радіопередач, телефонізації, а також інших галузях народного господарства.

Питанням розроблення методик розрахунку параметрів підйомно-транспортних лебідок присвячені роботи авторів [1,2,3], однак цілий ряд питань не отримали свого вирішення.

Робота виконується згідно з координаційним планом Комітету з питань науки і техніки "Новітні та ресурсозберігаючі технології в промисловості, енергетиці та агропромисловому комплексі" на 2002 – 2006 роки.

Так як гвинтова лебідка, яка своєю шнековою опорою загвинчується в ґрунт, служить для натягу канатів, то необхідно розрахувати максимально допустиме зусилля тяги лебідки з метою запобігання виривання її з ґрунту.

На початку статті зробимо деякі допущення, якими ми керувались:

ґрунт в усіх напрямках має однакову щільність, тобто $[\sigma]_{zw} = const$;

лебідка при дії на неї сили P_1 повертається навколо точки O ;

припускаємо, що ґрунт діє на нижню частину лебідки, як розподілене навантаження, яке збільшується за лінійною залежністю з віддаленням від точки повертання лебідки.

Принципова схема гвинтової піднімально-транспортної лебідки приведена на рисунку 1. Робота гвинтової лебідки здійснюється наступним чином.

Гвинтова опора 1 загвинчується в ґрунт за допомогою металевого стержня 18. Після цього канат 10 розмотують з привідного барабана 9 і гаком 20 захоплюють вантаж. Завершивши комплекс підготовчих робіт за допомогою рукоятки 17 канат 10 намотують на привідний барабан 9, а храпова собачка фіксує положення вантажу (ця операція на кресленні не показана).

При підніманні вантажів (рис. 1б) канат 10 розкручують на привідному барабані 9 і гаком 20 захоплюють вантаж 19 і за допомогою рукоятки 17 намотують канат на привідний барабан і здійснюють його піднімання вгору.

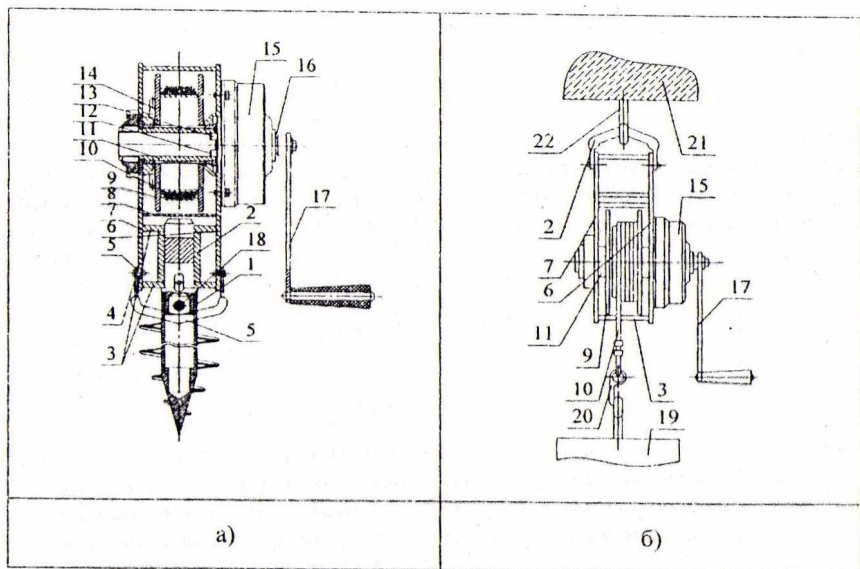


Рис. 1 – Конструкція гвинтової піднімально-транспортної лебідки а)

1 – гвинтова опора; 2 – втулка; 3 – горизонтальні перегородки; 4 – корпус лебідки; 5 – вантажна скоба; 6, 7 – видовжені пластини; 8 – планка; 9 – привідний барабан; 10 – канат; 11 – хранова втулка; 12 – храповий виступ; 13 – храпове колесо; 14 – храпова собачка; 15 – редуктор; 16 – привідний вал; 17 – рукоятка; 18 – стержень; 19 – вантаж; 20 – гак; 21 – підвісна опора; 22 – гак верхній.

Використовувати лебідку можна і в інших випадках, наприклад, для натягування ліній електропередач, тросів на хмільниках, виноградниках, транспортування та піднімання вантажів, в лісній промисловості, оснащувати лебідками автомобільну та автотракторну техніку.

Крім цього гвинтова опора може мати циліндричну і складну конічну форму для особливо навантажених умов роботи і великих зусиль при переміщенні вантажів.

Допустиме зусилля тяги лебідки можна визначити з залежності від глибини загвинчування, властивостей ґрунту та інших факторів:

$$P_1 = \frac{P_2 \cdot 3H}{2 \cdot (L + H)}, \quad (1)$$

$$P_2 = \left(\frac{1}{2} S_1 + S_2\right) \cdot [\sigma_{zw}], \quad (2)$$

P_1 – допустиме зусилля тяги лебідки, Н; P_2 – допустиме зусилля змінання ґрунту, Н; H – глибина загвинчування шнекової опори, м; L – висота

розміщення тягового троса над рівнем ґрунту, м.

σ_{zw} – питоме напруження зминання ґрунту, Н/мм².

$$S_1 = \pi \cdot d \cdot H, \quad (3)$$

S_1 і S_2 – відповідно площа вала опори і шнека, які є у взаємодії з ґрунтом мм²; d – діаметр вала, мм.

Довжина вихідної заготовки для одного витка визначається довжиною гвинтової стрічки за формулою [4]:

$$l = \sqrt{(2\pi p_0)^2 + T^2}, \quad (4)$$

p_0 – радіус нейтрального шару деформації, м; T – крок витка, м.

Площа шнека, який взаємодіє з ґрунтом буде рівна:

$$S_2 = n \cdot l \cdot B, \quad (5)$$

де l – довжина шнека, мм; B – ширина спіралі шнека, мм;

Тоді максимально допустиме зусилля тяги лебідки визначається за формулою:

$$P_1 = \frac{(S_1/2 + S_2) \cdot [\sigma_{zw}] \cdot 3H}{2 \cdot (L + H)}. \quad (6)$$

Розрахунок максимально допустимого навантаження ведемо виходячи з умови міцності зварного шва, який з'єднує спіраль шнека з циліндричною опорою припустивши, що ґрунт є достатньо щільним і зминається слабо.

Розглянемо розрахункову схему лебідки з прикладеними силами (рис. 2).

За умови рівноваги з рис. 2 отримаємо:

$$P_1 \cdot (L + H) = P_2 \cdot \frac{2H}{3}. \quad (7)$$

Числове значення рівнодійної сили P_2 дорівнює [3]: $P_2 = \frac{q \cdot H}{2}$.

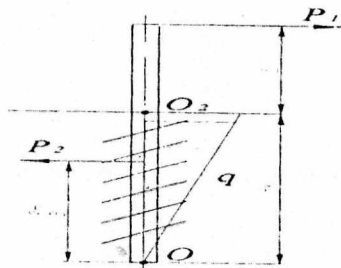


Рис. 2 – Розрахункова схема основи гвинтової лебідки

Після відповідних перетворень розподілене навантаження буде дорівнювати:

$$q = \frac{3P_1 \cdot (L + H)}{H^2}. \quad (3)$$

Спіраль шнека приварюють до циліндричної основи не по всій довжині лінії контакту, а лише в чотирьох - п'яти точках, але з обох боків. Таким чином на один виток спіралі шнека гвинтової лебідки отримуємо вісімдесят чотирьох точкових з'єднань. Позначимо загальну кількість з'єднань одного витка через n .

Допустиме зусилля при розриві шва визначають за формулою [3]:

$$P_{pш} = 0,7[\tau]_{sp} K \cdot l_{ш};$$

при $l_{ш} = n \cdot e$;

$$P_{pш} = 0,7[\tau]_{sp} K \cdot e \cdot n;$$

де e – довжина одного зварного шва, мм; x – відстань від точки провертання лебідки до розглядуваного витка, м; K – довжина катета шва, м; $l_{ш}$ – довжина периметра кутового шва, м; $[\tau]_{sp}$ – допустиме напруження для зварного шва на зріз, м; n – кількість точкових з'єднань на одному витку, м; e – довжина точкового з'єднання.

Зусилля, яке створює сила P_2 передається на витки шнека, дією на них зі сторони ґрунту. Розглянемо дію ґрунту на один виток шнека (рис. 3)

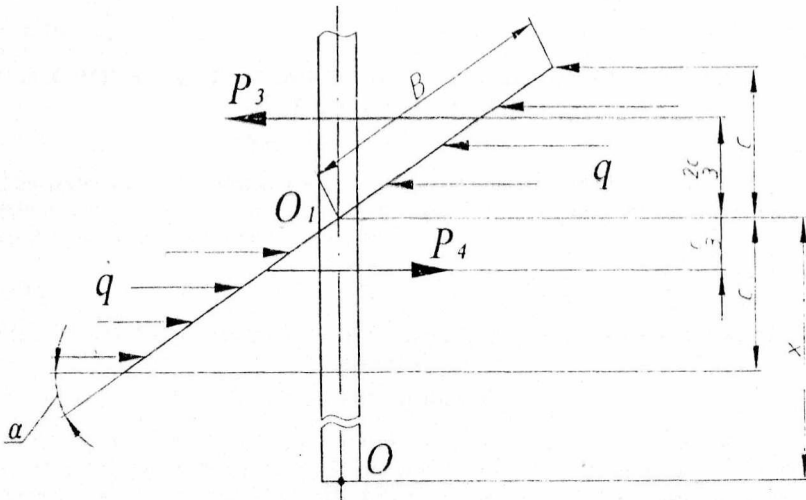


Рис. 3 – Розрахункова схема навантаження одного витка шнека

Грунт, діючи на витки шнека намагається його прокрутити. Сила P_3 є рівнодійною розподіленого навантаження на виток шнека зі сторони ґрунту і вона дорівнює:

$$P_3 = q \cdot \left(x + \frac{2c}{3} \right); \quad (9)$$

$$P_4 = q \cdot \left(x - \frac{c}{3} \right). \quad (10)$$

Так як $c = B \cdot \sin \alpha$, то

$$P_3 = q \cdot \left(x + \frac{2B \cdot \sin \alpha}{3} \right);$$

$$P_4 = q \cdot \left(x - \frac{B \cdot \sin \alpha}{3} \right).$$

Оскільки сили, що діють в напрямках, які вигинають спіраль шнека в одному напрямку, то результуюче зусилля зрізу зварного шва буде дорівнювати сумі P_3 і P_4 .

$$P_c = P_3 + P_4 = q \left(2x + \frac{B \cdot \sin \alpha}{3} \right). \quad (11)$$

Прирівнюємо зусилля:

$$0,7[\tau]_{sp} K \cdot e \cdot n = q \left(2x + \frac{B \cdot \sin \alpha}{3} \right). \quad (12)$$

Оскільки $q = \frac{3P_1 \cdot (L + H)}{H^2}$, то:

$$0,7[\tau]_{sp} K \cdot e \cdot n = \frac{3P_1 \cdot (L + H)}{H^2} \cdot \left(2x + \frac{B \cdot \sin \alpha}{3} \right); \quad (13)$$

Звідси зусилля тяги лебідки за умови міцності зварного шва буде дорівнювати:

$$P_1 = \frac{0,7[\tau]_{sp} K \cdot e \cdot n \cdot H^2}{3 \cdot (L + H) \cdot \left(2x + \frac{B \cdot \sin \alpha}{3} \right)}. \quad (14)$$

Зусилля зрізу зварного шва буде різним і воно залежить від глибини розміщення витка. Найбільше зусилля зрізу зварного шва виникатиме у тих витках, які найближче до поверхні ґрунту.

На основі вище приведеного можна зробити наступні висновки:

Висновки

Приведена конструкція гвинтової піднімально-транспортної лебідки з розширеними технологічними можливостями та принципом її роботи.

Виведені аналітичні залежності для визначення зусилля загвинчування гвинтової лебідки в ґрунт та інших параметрів. Дані практичні рекомендації виробництву.

Приведені залежності для визначення максимально допустимого зусилля тяги лебідки і розрахунку на міцність зварних швів.

Список використаних джерел

1. Александров М.П. Подъемно-транспортные машины. М. Высшая школа, 1985, 520с.
2. Іванченко Ф.К. Піднімально-транспортні машини. К. Вища школа, 1993, 414с.
3. Г.С. Писаренко, В.А. Агарев и др. Сопротивление материалов. К. Высшая школа, 1979, 694с
4. Гевко Б.М. Технология изготовления спиралей шнеков, Львов, Вища школа, 1986, 132с.

Аннотация

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СПИРАЛЬНОЙ ПОДЪЁМНО-ТРАНСПОРТНОЙ ЛЕБЕДКИ

Гевко И.Б., Колесник А.А.

Приведена конструкция и принцип работы винтовой лебедки. Выведены аналитические зависимости для определения момента закручивания опоры винтовой зависимости от ряда факторов.

Abstract

GROUND OF PARAMETERS OF SPIRAL LIFTING-TRANSPORTING WINCH

I. Gevco, A. Kolesnyk

Resulted construction and principle of work of spiral swan. Shown analytical dependences out for determination of moment of screwing up of support of spiral swan in soil and maximally possible effort of traction depending on the row of factors.