

СТІЙКІСТЬ СТУПІНЧАСТОГО КАНАТА НА БАРАБАНІ МАШИНИ ПІДЙОМУ ПІДВОДНОГО РОБОТА

Досліджено умови втрати сталої форми бобіною, утвореною багатошаровим намотуванням плоского гумотросового каната ступінчастої конструкції на барабані машини підйому підводного робота.

Исследованы условия потери устойчивой формы бобиною, образованной многослойным наматыванием резиновтросового каната ступенчатой конструкции на барабане машины подъёма подводного робота.

The conditions for the loss sustained bobbin's form of machine lifting an underwater robot caused by multi-layered laying of rope with variable width are investigated in the article.

Вступ. Світовий океан займає значну частину земної поверхні. Обмеженість ресурсів, розташованих на суходолі в наступні часи має бути скомпенсована видобутком корисних копалин з дна морів, включно і з надвеликих глибин. Видобуток корисних копалин зі значної глибини вимагає контролю за підводним обладнанням з використанням спеціальних роботів. Зростання глибин підйому вантажів супроводжується зростанням маси каната та відповідним зниженням реальної вантажопідйомності машини. Підвищення міцності канатів традиційними способами, такими як збільшення діаметрів канатів, їх кількості пов'язано зі збільшенням габаритів підйомної машини.

Застосування гумотросового каната (ГТК) в якості головного замість традиційного круглого каната не вимагає значного зростання ширини барабана та дозволяє навіть зменшити його діаметр. Зменшення маси каната, збільшення кінцевого навантаження може бути досягнуто використанням канатів змінного поперечного перерізу, якій можна реалізувати використав відому конструкцію плоского гумотросового каната, заклавши у гумову оболонку 1 троси 2 різної довжини, як показано на рис. 1.

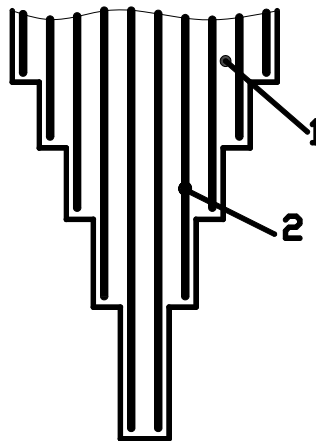


Рис. 1. Схема гумотросового каната ступінчастої конструкції:
1 – гумова оболонка, 2 – троси

В такому канаті кількість тросів за його довжиною змінюється – зменшується від барабана до кінця приєднання корисного вантажу. При цьому довжина кожної ступені обирається з умови рівної міцності усіх ділянок каната. Укладені в канат троси мають попарно-протилежний напрямок закручування. З метою додержання врівноваженості крутних моментів, троси закінчуються в конструкції попарно. Отже, зміною конструктивних елементів та поперечного перерізу досягається можливість забезпечення рівномірності тягового каната за довжиною при зменшенні маси каната та збільшенні кінцевого навантаження та глибини підйому, за рахунок чого покращуються експлуатаційні характеристики підйомної машини – збільшується глибина підйому при існуючих її габаритних розмірах.

Плоский ступінчастий канат при роботі машини намотується на барабан в декілька шарів, утворюючи бобіну (рис. 2). Ступінчасте зменшення ширини каната збільшує можливість втрати сталої форми бобіни та унеможливлення роботи машини підйому підводного робота. Таким чином, визначення умов втрати бобіною її форми – **актуальна задача**.

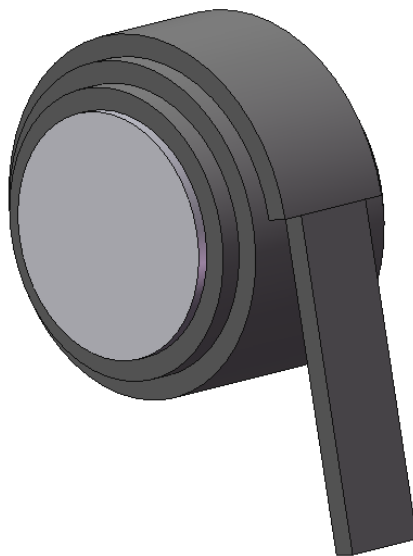


Рис. 2. Плоский канат ступінчастої конструкції на барабані машини підйому підводного робота

Стан питання. Дослідженнями напруженого стану гумотросових стрічок та канатів займалися ряд вчених [1, 2] та інші. На доцільність використання гумотросових канатів при видобутку сировини з великих глибин вказувалося в роботі [3]. У роботі Л.В. Колосова [4] доведені доцільність і ефективність створення нових підйомних машин з ГТК для значних глибин підйому і кар'єрних підйомників великої вантажопідйомності, обумовлені високою тяговою здатністю гумотросового каната. Роботи К.С. Заболотного [5], М.В. Полушиної [6] присвячені створенню бобінних підйомних машин з гумотросовими канатами. Подальший розвиток цього напрямку здійснено в роботі Панченко О.В. [7].

У роботах вказаних авторів розроблена математична модель каната, досліджений напружений стан гумотросових стрічок та канатів з пошкодженими

тросами, але не вивчалися питання впливу дискретного зменшення кількості тросів в канаті на втрату сталої форми бобіни.

Мета роботи – дослідження умов втрати сталої форми бобіною, утвореною багатошаровим намотуванням плоского гумотросового каната ступінчастої конструкції.

Постановка задачі. Під час багатошарового намотування каната ступінчастої конструкції на виконавчий орган підйомної машини, ступені меншої ширини укладаються на шари, утворені попередньою більш широкою ступенню. Отже, багатошарове намотування плоского каната на циліндричну оправку в підйомній машині з бобінним виконавчим органом має складну форму. Переріз намотаного каната площиною, що проходить через вісь обертання бобіни показано на рис. 3.

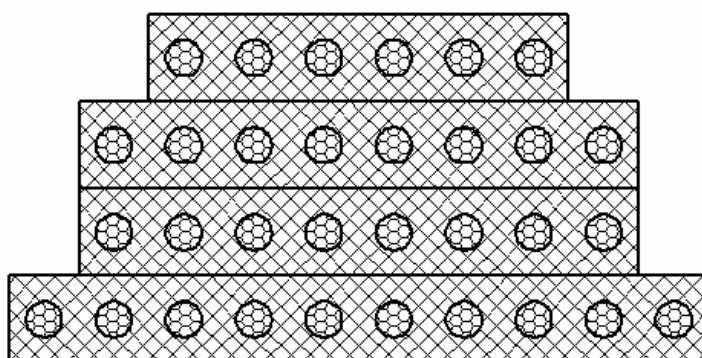


Рис. 3. Переріз каната змінного перерізу, намотаного в декілька шарів

Розглянемо умови втрати сталої форми тіла, що утворене багатошаровим намотуванням плоского каната ступінчастої конструкції на барабан підйомної машини.

Основний зміст роботи і результати дослідження. Будемо вважати, що канат має троси діаметром d , розташовані з кроком t в площині каната та запресовані у гумову оболонку. Діаметр барабана, на який намотується канат, значно перевищує його товщину. Це дозволяє знехтувати згином каната в його площині та вважати кожний шар плоским. В цьому випадку деформації нормальних перерізів шарів каната відсутні – плоскі. З цієї багатошарової конструкції виріжмо відрізок одиничної довжини.

В межах прийнятої постановки задачі, тіло, утворене намотаною K -тою ділянкою каната, навантажене зовнішнім тиском та має форму призми. Умови стійкості призми можуть бути визначені методом Ейлера – за критичним зусиллям

$$N < \frac{\pi^2 EJ}{L^2} \quad (1)$$

де J – момент інерції перерізу стрижня; L – висота стрижня.

В нашому випадку висота стрижня

$$L = m_K (d + 2\Delta),$$

де m_K – кількість укладених шарів K -тої ступені каната; Δ – товщина обкладки каната.

Розміри перерізу стрижня одиничної ширини

$$1 \times (n_K t + d),$$

де n_K – кількість тросів в K -тій ступені каната.

Силу стискання стрижня одиничної ширини задамо через натягнення каната при намотуванні K -тої ступені та радіус укладення чергового шару каната

$$N = \frac{T_K}{R + \sum_{k=1}^K m_k (d + 2\Delta)}, \quad (2)$$

де R – радіус барабана підйомної машини.

Врахувавши визначені параметри із залежності (1) маємо

$$\frac{T_K}{R + \sum_{k=1}^K m_k (d + 2\Delta)} < \frac{\pi^2 E (n_K t + d)^3}{12 m_K^2 (d + 2\Delta)^2}. \quad (3)$$

Виокремивши із суми складових m_K в залежності (3), маємо нерівність

$$m_K^2 - m_K \frac{(d + 2\Delta) \pi^2 E (n_K t + d)^3}{T_K 12 (d + 2\Delta)^2} - \left[R + \sum_{k=1}^{K-1} m_k (d + 2\Delta) \right] \frac{\pi^2 E (n_K t + d)^3}{12 T_K (d + 2\Delta)^2} < 0,$$

яка дозволяє визначити або максимальну кількість шарів, або радіус барабана підйомної машини.

Так з квадратного рівняння, врахувавши те, що кількість шарів не може бути від'ємна, маємо максимально допустиму кількість шарів K -тої ступені каната

$$m_K < \frac{\pi^2 E (n_K t + d)^3}{24 T_K (d + 2\Delta)} + \sqrt{\left(\frac{\pi^2 E (n_K t + d)^3}{24 T_K (d + 2\Delta)} \right)^2 + \left[R + \sum_{k=1}^{K-1} m_k (d + 2\Delta) \right] \frac{\pi^2 E (n_K t + d)^3}{12 T_K (d + 2\Delta)^2}}.$$

Залежність (3) дозволяє визначити і допустимий радіус, коли задана кількість шарів

$$R < \frac{12T_K m_K^2 (d + 2\Delta)^2 - \sum_{k=1}^K m_k (d + 2\Delta) \pi^2 E (nt + d)^3}{\pi^2 E (n_K t + d)^3}.$$

Вище розглянуто умову стійкості останньої намотаної на бобіну ступені канату. Водночас, кожна попередня ступень каната, включно і перша, уявляють собою стрижень, що працює в умовах поздовжнього стискання. Висота кожного такого стрижня включає і висоту усіх вище розташованих шарів. Приймаючи, що розміри перерізу кожного такого стрижня дорівнюють розмірам в нижній його частині, із залежності (1), подібно вище виконаним діям, отримаємо залежність, якій має задовольняти кожна r -та схема намотування ділянок каната

$$12 \left(\sum_{k=r}^K m_k (d + 2\Delta) \right)^2 T_K < \left(R + \sum_{k=1}^K m_k (d + 2\Delta) \right) \pi^2 E (n_r t + d)^3.$$

Відзначимо, що при визначенні умов сталості враховано те, що із зростанням кількості шарів намотаних на барабан підйомної машини, зменшується і тягове зусилля на величину сили тяжіння намотаної частини каната.

Висновки. На сталість тіла намотки кожної із ступеней каната впливають кількість шарів, конструкція каната. При заданій кількості шарів радіус барабана має задовольняти умові

$$R < \frac{12T_K m_K^2 (d + 2\Delta)^2 - \sum_{k=1}^K m_k (d + 2\Delta) \pi^2 E (nt + d)^3}{\pi^2 E (n_K t + d)^3}.$$

При прийнятому радіусі можна визначити допустиму кількість шарів намотування каната для довільної K -тої ступені

$$m_K < \frac{\pi^2 E (n_K t + d)^3}{24T_K (d + 2\Delta)} + \sqrt{\left(\frac{\pi^2 E (n_K t + d)^3}{24T_K (d + 2\Delta)} \right)^2 + \left[R + \sum_{k=1}^{K-1} m_k (d + 2\Delta) \right] \frac{\pi^2 E (n_K t + d)^3}{12T_K (d + 2\Delta)^2}}.$$

Для кожної із r ступенів каната має виконуватися ще і залежність сталості форми блоку ступенів, що розташовуються на попередній

$$12 \left(\sum_{k=r}^K m_k (d + 2\Delta) \right)^2 T_K < \left(R + \sum_{k=1}^K m_k (d + 2\Delta) \right) \pi^2 E (n_r t + d)^3.$$

При проектуванні підйомної машини з канатом змінного перерізу для кожної ступені має виконуватися умова обмеження кількості шарів каната, або радіусу барабана для кожної ступені та включно в системі усіх ділянок каната, укладених на попередню ступень.

Список літератури

1. Бельмас И.В. Научные основы теории и расчета резинокросовой ленты конвейера с учетом его пространственной формы: Дис. ... д-ра техн. наук: 05.05.06., 01.02.06. – Днепропетровск, 1993. – 360 с.
2. Колосов Д.Л. Обґрунтування параметрів та конструкцій двошарових гумотросових конвеєрних стрічок для гірничих підприємств. Дис... канд. техн. наук: 05.05.06. – Дніпропетровськ, 2002. – 164 с.
3. Колосов Л.В., Сафонов Ю.Л. Перспективы применения резинокросовых канатов для глубоководных систем подъема // Современные пути развития горного оборудования и технологий переработки минерального сырья: Материалы междунар. науч.-техн. конф. – Днепропетровск, 1996. – С. 57-58.
4. Колосов Л.В. Научные основы разработки и применения резинокросовых канатов подъемных установок глубоких рудников. – Дис... докт. наук: 05.05.06, 01.02.06. – Днепропетровск, Инст. геотехн. мех. АН УССР. 1987. – 426 с.
5. Заболотный К.С. Исследование особенностей механики и выбор рациональных параметров бобинных подъемных машин с резинокросовым канатом: Дис.... канд. техн. наук: 05.05.06. – Днепропетровск, 1979. – 248 с.
6. Полушина М.В. Исследование и обоснование рациональных параметров бобинной подъемной машины с ведущими шкивами трения и резинокросовым тяговым органом: Дис... канд. техн. наук: 05.05.06. – Днепропетровск, 1990. – 253 с.
7. Панченко Е.В. Определение расчетных нагрузок в витках многослойной намотки резинокросового каната. Дис... канд. техн. наук: 05.02.09 – Днепропетровск, НГУ, 2007. – 206 с.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Самусею В.І.
Надійшла до редакції 04.11.10*

УДК 622.831.3:681.583.3

© В.І. Голінько, А.К. Котляров

РАЗРАБОТКА УНИВЕРСАЛЬНЫХ ШИРОКОДИАПАЗОННЫХ АНАЛИЗАТОРОВ МЕТАНА

Виконано аналіз існуючих методів контролю вмісту метану придатних для створення універсальних широкодіапазонних газоаналізаторів. Обґрунтований метод з використанням двокамерного термокаталітичного датчика з різним температурним режимом чутливих елементів.

Выполнен анализ существующих методов контроля содержания метана пригодных для создания универсальных широкодиапазонных газоанализаторов. Обоснован метод с использованием двухкамерного термокаталитического датчика с разным температурным режимом чувствительных элементов.

The analysis of existent methods control maintenance methane of suitable for creation universal analyzers methane is executed with the wide range measuring. A method is grounded with the use of sensor with the different temperature condition sensible elements, which contains two chambers.

Одной из наиболее актуальных проблем для горной промышленности является борьба с взрывами метана. Среди мероприятий, направленных на профилактику взрывов метана, важная роль отводится контролю его содержания в рудничной атмосфере.

Существующие анализаторы метана обеспечивает надежный контроль его содержания в основном в диапазоне объемных долей 0-2,5%. Однако в ряде