

КОМП’ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПІДВІСНИХ КАНАТНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ЇХ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ

© Сологуб Б.В., Данило Я.Я., 2012

Для визначення внутрішніх зусиль, що виникають в рухомому тягово-несучому канаті і елементах проміжної опори розглянуто розрахункову схему, на основі якої розроблено математичну модель у вигляді системи диференціальних рівнянь руху. Прийнято, що кривою провисання канату є ланцюгова лінія. За допомогою розрахункової схеми і системи рівнянь визначаємо зусилля в канатах.

To determine the internal forces arising in a moving Pull-bearing rope and intermediate support elements considered design scheme, on which the mathematical model as a system of differential equations of motion. It is assumed that the curve is sagging rope chain line. Using a design scheme and equations define efforts ropes.

Постановка проблеми в загальному вигляді. Підвісні канатні системи використовуються в різних галузях промисловості для оснащення туристичних баз та освоєння гірських лісів. Основним показником оцінки ефективності роботи підвісних канатних систем можна прийняти мінімум приведених затрат. Параметри підвісних канатних систем повинні давати змогу реалізовувати різні технологічні схеми залежно від призначення транспортної системи.

Надійність роботи канатних систем залежить від досконалості та рівня гнучкості функціональних вузлів і визначається способом зміни експлуатаційних параметрів залежно від умов їх роботи, схемою їх компонування та принципами взаємодії із основними вузлами системи.

Однак першочерговим завданням є гарантування безпеки роботи витягів та вибір оптимальних параметрів, які дають змогу досягти довговічності основних елементів.

Кількісну оцінку роботи окремих елементів підвісних канатних систем можна дати, провівши аналіз швидкісного та навантажувального режимів роботи. Але це технічно складні завдання і можуть бути вирішені в певному конкретному випадку. Тому для аналізу роботи підвісних канатних систем доцільно використовувати розрахунково-експериментальні методи з визначення конструктивних та експлуатаційних параметрів базових моделей.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вивченням динаміки канатів займалось багато вчених, зокрема М.С. Комаров, А.С. Козак, Д.П. Волков та ін. В галузі динаміки тягових і вантажопідіймальних канатів підвісних лісотransпортних систем відомі роботи І.Є. Барата, Н.М. Белої, М.П. Мартинціва, Є.М. Матвєєва та ін. У цих роботах одержано основні залежності, які описують характер динаміки тягових і вантажопідіймальних канатів для найнебезпечніших режимів роботи. Однак аналізу роботи канатних систем з врахуванням всіх їх параметрів, за допомогою сучасного програмного забезпечення, не було проведено.

Постановка мети статті. Мета цієї роботи – розробити математичну модель підвісної канатної системи і визначити вплив усіх її параметрів на зусилля у канатах.

Виклад основного матеріалу. Моделювання роботи канатних систем зводиться до визначення зусиль, що діють в окремих елементах у разі небезпечних режимів роботи.

Для визначення внутрішніх зусиль, що виникають в рухомому тягово-несучому канаті і елементах проміжної опори розглянуто розрахункову схему, на основі якої розроблено математичну модель у вигляді системи диференціальних рівнянь руху. Прийнято, що кривою провисання канату є ланцюгова лінія, а під час визначення величини пружного ковзання канату на проміжній опорі враховано фактор збігу чи не збігу напрямку ковзання з напрямком збільшення кута підходу бугеля до проміжної опори.

У загальному вигляді динаміку руху канатної системи можна описати диференціальними рівняннями другого порядку:

$$\left. \begin{aligned} m \ddot{x} &= F_x - W_x \\ m \ddot{y} &= F_y - W_y \end{aligned} \right\}, \quad (1)$$

де m – маса системи приведена до поступального руху; x, y – узагальнені координати системи; F_x, F_y – приводні зусилля; W_x, W_y – відповідно сили статичного опору руху системи.

Зусилля у вітках канату можна визначити, розглянувши їх поздовжні коливання. Рівняння руху віток для такого випадку можна записати так:

$$\frac{V_i^2}{l_i^2} \cdot \frac{\partial^2 x_i}{\partial \xi_i^2} - \frac{\partial^2 x_i}{\partial t^2} = 0, \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (2)$$

де x_i – поступальне переміщення деякого поперечного перерізу вітки канату; V_i – швидкість поширення хвилі пружних деформацій.

$$V_i = \operatorname{sgn} t \left(\frac{E_k}{\rho} \right), \quad (3)$$

де E_k, ρ – відповідно модуль пружності і густина канату; ξ_i – відносна поздовжня координата; $\xi_i = \frac{x_i}{l_i}$; t – час; n – кількість вантажів на вітці канату.

Розробити математичну модель системи можна, взявши за основу схему канатної установки (рис. 1), а також теорії моделювання з використанням пакета програм Matchad Professional, Solid Works.

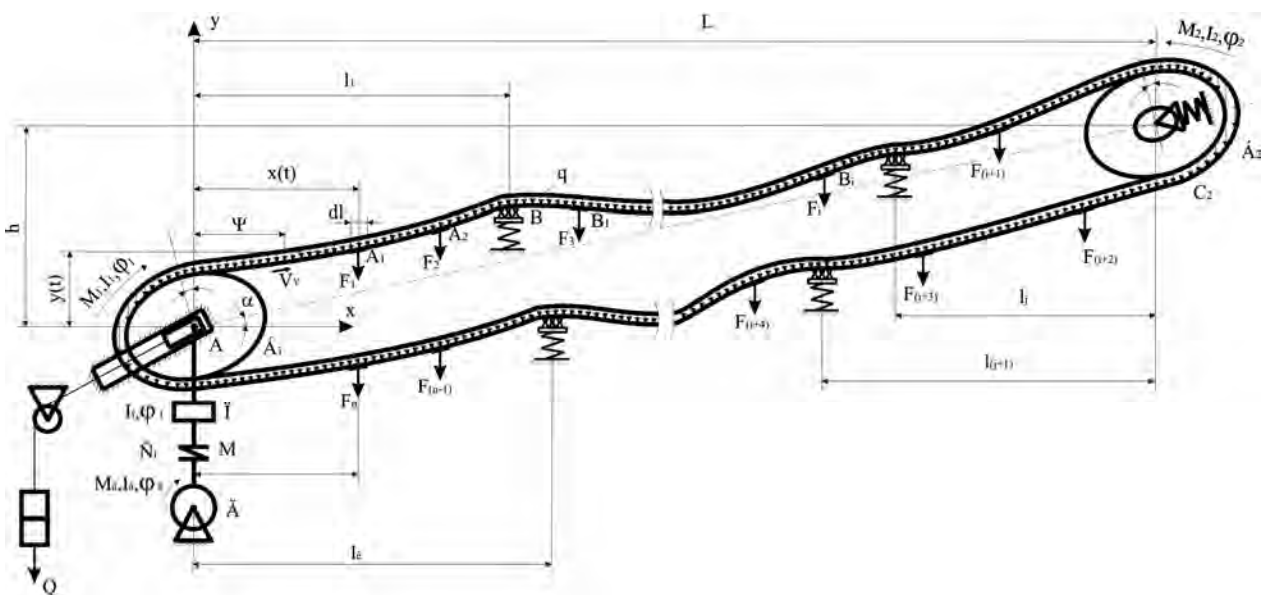


Рис. 1. Розрахункова схема установки із замкненим канатом

Для прикладу на рис. 2 показано характер зміни зусиль у тяговому канаті. Маса вантажу прийнята $m = 150$ кг, канат ГОСТ 2688-70.

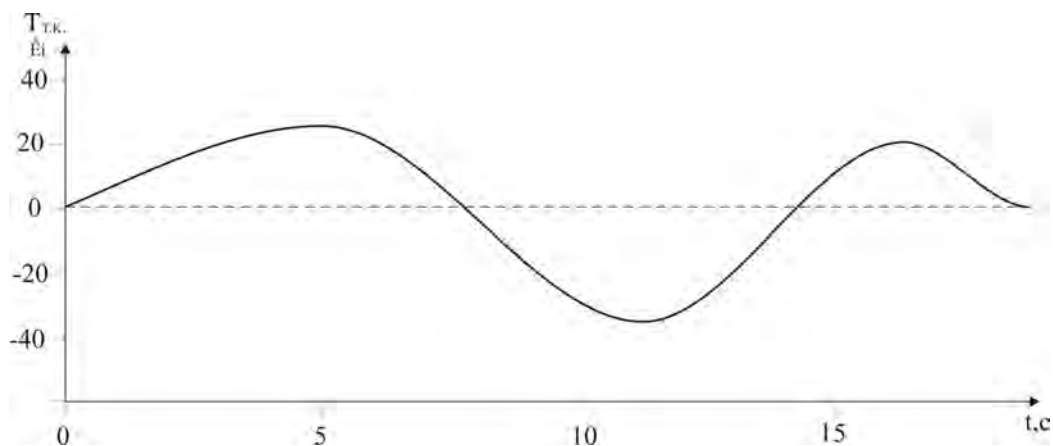


Рис. 2. Графік зміни зусиль у тяговому канаті

Висновки. Це дає можливість, враховуючи умови міцності, визначити основні параметри канатної системи, які забезпечать оптимальні умови її роботи.

Вибір оптимальних параметрів канатних систем та їх використання дасть змогу підвищити надійність роботи, а також забезпечить зниження витрат на експлуатацію та виконання монтажних робіт.

1. Мартинців М.П., Сологуб Б.В., Матійшин М.В. Динаміка та міцність підвісних канатних систем. – Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2011. – 188 с. 2. Качурин В.К. Гибкие нити с малыми стрелками. – М.: Гостехиздат, 1956. – 224 с. 3. Дукельский А.И. Подвесные канатные дороги и кабельные краны. – М.–Л.: Машиностроение, 1966. – 484 с. 4. Мартинців М.П. Розрахунок основних елементів підвісних канатних лісотранспортних установок. – К.: Ясмина, 1996. – 175 с. 5. Мартинців М.П., Бичинюк І.В., Сологуб Б.В. Аналіз особливостей роботи тягово несучих канатів підвісних установок в зоні проміжних опор // Науковий вісник “Збірник науково-технічних праць”. – Львів: НЛТУУ. – 2007. – № 17.6. – С. 87–91.