

АНАЛІЗ КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ТА ОСНОВИ СИНТЕЗУ ПАСАЖИРСЬКИХ ДОРІГ З ТЯГОВО-НЕСНИМ КАНАТОМ

Сологуб Б.В.

Національний університет «Львівська політехніка»

Запропоновано метод розрахунку канату та основних елементів канатної установки з врахуванням динамічних навантажень. На основі аналізу рівнянь побудовані графіки зміни зусиль у ведучій і веденій вітках канату. Комплексний підхід дає можливість оцінити якісну структуру нової канатної системи та існуючі альтернативні варіанти, а також обґрунтувати основні конструктивні та експлуатаційні параметри.

Ключові слова: канатна установка, канат, динамічні навантаження, конструктивні параметри.

Вступ. Пасажирські канатні дороги широко використовуються для перевезення людей в гірській та пересіченій місцевості. В деяких випадках альтернативи канатному транспорту взагалі немає, тому що прокладка автомобільних доріг або неможлива взагалі, або веде за собою значні витрати і збільшує протяжність доріг в декілька разів.

Актуальність роботи. Всі канатні дороги за характером руху рухомого складу діляться на маятникові та кільцеві.

У світі нараховується біля 23 тис. пасажирських канатних доріг, з них 17 тис. в країнах Європи [1, 2]. В українських Карпатах пасажирські канатні дороги змонтовані на лижних базах та курортах Славського, Тисовця, Буковеля, Рахова, Ясиня та ін. Канатні дороги є основним внутрішнім транспортом багатьох баз відпочинку та курортів України.

Найбільше використання отримали підвісні пасажирські канатні дороги для перевезення туристів та лижників. Вони служать головним засобом транспортного забезпечення гірських туристичних та лижних комплексів.

Пасажирські крісельні дороги з тягово-несним канатом, порівняно з іншими дорогами, прості в конструкції та експлуатації за рахунок того, що крісла або напіввідкриті кабіни не відчіпляються від канату, а рухаються разом з ним безперервно.

Порівняно невелика вартість і висока пропускна здатність, а також простота і надійність створили умови для значно більшого будівництва таких доріг порівняно з іншими.

Постановка задачі. Важливою задачею є розробка методики для визначення зусиль з врахуванням динамічних навантажень, а також оптимальний вибір конструктивних параметрів пасажирських доріг.

Виклад основного матеріалу. Основними елементами канатної дороги (рис. 1) є: нижня та верхня станції; привод; направляючі блоки; замкнутий тягово-несний канат; проміжні опори; натяжна станція; рухомий склад (крісла або напіввідкриті кабіни); зажими за допомогою яких крісла кріпляться до канату; підтримуючі ролики тягово-несного канату.

Нижня та верхня станції призначені для посадки та висадки пасажирів, а також встановлення рам для кріплення обладнання дороги.

Привод тягово-несного канату повинен мати форму, що забезпечує обхід його постійно прикріпленими до канату кріслами або кабінами. Приводи бувають підвісні і наземні, стаціонарні та рухомі. Тип приводу приймають в залежності від призначення та конструкції дороги. Так, наприклад, підвісні приводи дозволяють збільшити площадку для посадки пасажирів, що важливо для транспортування лижників, які часто їдуть з закріпленими на ногах лижами. Рухомі приводи кріпляться до натяжних станцій і є противагою натяжного пристрою.

Приводи повинні забезпечувати стабільну тягову здатність при різному завантаженні дороги.

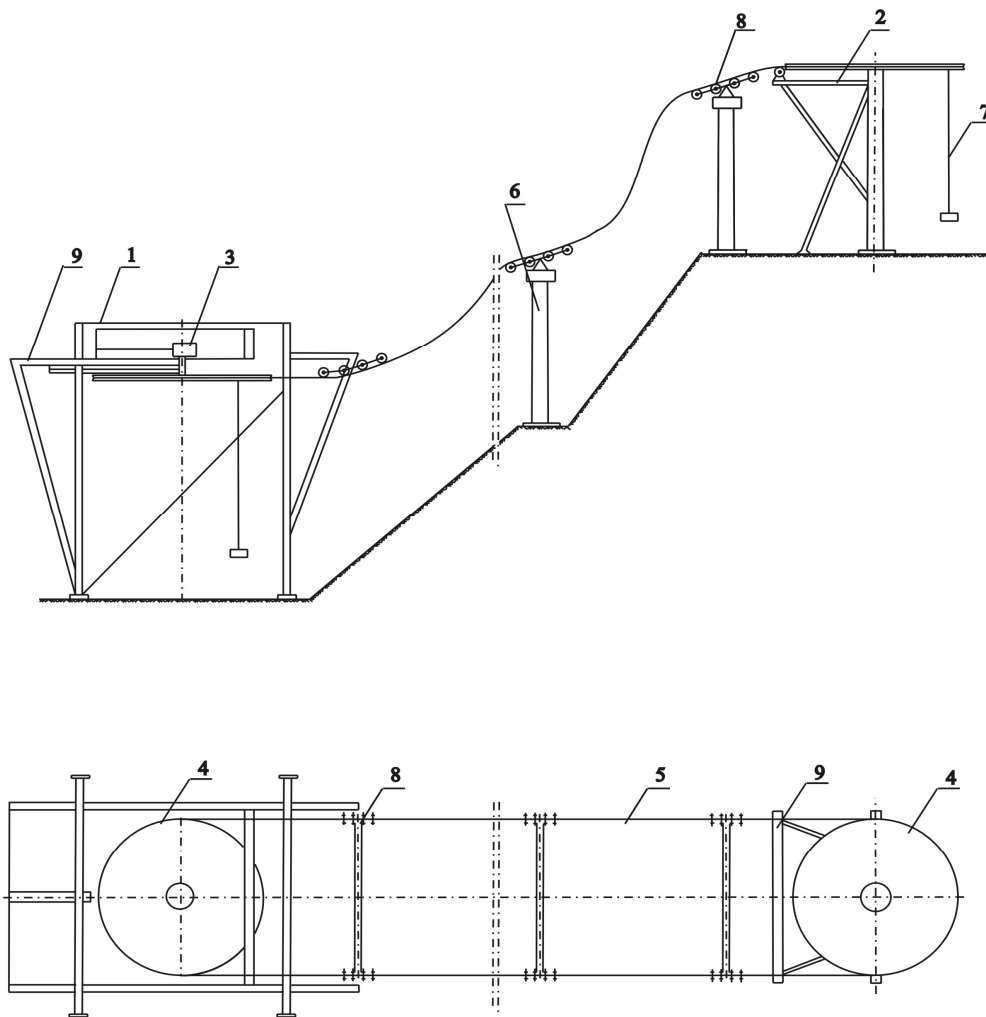


Рисунок 1 – Схема підвісної крісельної дороги з тягово-несним канатом (1, 2 – нижня натяжна та верхня станції; 3 – привод; 4 – направляючі блоки; 5 – тягово-несний канат; 6 – проміжні опори; 7 – рухомий склад; 8 – направляючі ролики; 9 – рами станцій канатної дороги)

Канатоведучий шків і направляючі блоки повинні забезпечувати зносостійкість канатів, тому їх канавки футеруються і мають форму, яка знижує контактні напруження пари канат-блок. Для підвищення коефіцієнту зчеплення між канатом та шківом пропонуються різні форми канавок, а саме: канавки з прорізом, клинові канавки, канавки, що мають форму пасм канату, а також подвійні канатоведучі шкиви, ланцюговий приводний шків, канатоведучий шків з прижимами та ін.

Тягово-несні канати пасажирських доріг працюють в особливих умовах. Їх робота характеризується значним числом перегинів на шківах, блоках та роликах, а також значним стисканням на спеціальних пристроях. Це приводить до зношування канатів, основною причиною якого є контактні напруження. Тому такі канати повинні мати значну поверхню контакту і порівняно товсті зовнішні дротини. Умовам роботи тягово-несних канатів найбільш повно відповідають шестипальові канати подвійної звивки з органічним осердям та лінійним контактом дротин у пасмах типу ГОСТ 2688-80 [3, 4]. В якості таких канатів можна використовувати канати, що не скручуються, з оцинкованими дротинами. Це підвищить його довговічність та зменшить витрати на монтажні-демонтажні роботи.

Підтримуючі роликові батареї кріпляться на проміжних опорах. Вони виготовляються, як правило, сталевими. Більшість крісельних канатних доріг мають опори Т-подібної форми. Однак вдосконалення конструкції опор дозволить значно розширити діапазон використання канатних доріг і дозволить використовувати їх для транспортування пасажирів у важкодоступних регіонах [5, 6]. Використання Т-подібних опор дозволить прокладати незалежно одна від одної траси двох віток канатів.

Розрізняють чотири види машинної частини кінцевих станцій, це: приводно-натяжна, протилежна їй обвідна, привідна та протилежна їй натяжна. Натяжні та обвідні станції виготовляються, як правило відкритими з несучих металоконструкцій. Підвісний привод опирається на консолі стін або балок каркасу будинку станції.

Станції мають приміщення та відкриті площадки, які служать для посадки і висадки пасажирів, а також займаються машинним обладнанням.

Рухомий склад (крісла або кабіни) повинні забезпечувати комфортне перевезення пасажирів, а затискачі – надійне кріплення крісел до канатів.

Форми підвісок двомісних крісел виготовляються у вигляді центральної несучої труби та у вигляді рамки.

Затискачі є найбільш відповідальним елементом рухомого складу. Вони повинні забезпечувати надійне кріплення крісла до тягово-несного канату.

Найбільш широко використовуються для оснащення рухомого складу крісельних канатних доріг кліщеві фрикційні затискачі з пружинно-гвинтовим віджиманням.

Затискачі для двомісних крісел оснащені тарільчастими пружинами, які монтуються на стержні губки або в окремому навивчастому стакані.

Опорні ролики проміжних опор мають форму батареї, які шарнірно з'єднані у вигляді балансиної конструкції. В залежності від положення на опорі балансири бувають підтримуючі і віджимні. Для підвищення довговічності контактуючої пари канат-ролик, роликові батареї футеруються.

Матеріали футеровки працюють в складних умовах під впливом атмосферних дій та навантаження канату. Тому гумові бандажі покриваються спеціальними шарами прокладок з поліефірного корду.

Балансирні ролики кріпляться до рами за допомогою болтів, безпосереднім запресуванням в жолоб ободу за допомогою закладних пружинних кілець, радіальних штифтів або шарикових фіксаторів.

Значна різноманітність конструктивних елементів пасажирських канатних доріг вимагає правильного науково обґрунтованого підходу при їх виборі для оснащення певної дороги.

Вибір тих чи інших елементів для оснащення дороги залежить від рельєфних та кліматичних умов, в яких буде працювати дорога, а також від технічних та експлуатаційних вимог, що ставляться до неї.

Вдосконалення існуючих канатних установок та проектування нових підвісних пасажирських доріг можна здійснювати на основі структурно-параметричного синтезу [7, 8]. Комплексний підхід дає можливість оцінити якісну структуру нової канатної системи та існуючі альтернативні варіанти, а також обґрунтувати основні конструктивні та експлуатаційні параметри.

Цього можна досягти на основі функціонально-модульного принципу.

Створюючи структуру канатної системи при функціонально-модульному проектуванні можна виділити такі основні процедури:

$$KC = \langle A, S, W, P \rangle, \quad (1)$$

де A – аналіз та декомпозиція задачі проектування; S – синтез та генерування варіантів модулів у структуру канатної системи; W – оцінка, порівняння та відхилення неперспективних варіантів; P – обґрунтування основних параметрів, вибраних для проектування канатної системи.

Основними формалізованими методами генерування систем є метод морфологічного аналізу та метод генерування структурних схем за допомогою математичних моделей [7, 9]. При цьому створюються усі можливі комбінації елементів, а некоректні з математичної точки зору відхиляються. При генеруванні варіантів структури об'єкта модель повинна враховувати відмінності між окремими дорогами, тобто: якісний

склад елементів, що утворюють об'єкт; кількість елементів; порядок елементів у структурі об'єкта. Схема синтезу пасажирської дороги з тягово-несним канатом наведена на рис 2.

Найбільш поширеними канатними дорогами в даний час є дороги з варіантами 1; 4; 5.

Основними елементами пасажирської канатної дороги є вузли, що мають різний характер роботи, різні властивості та конструктивні особливості. Тому при створенні такої дороги доцільно прийняти метод гілок та меж [7], який ставить мінімальні вимоги до виду і властивостей функції мети $f(x)$ та обмежень, що задають множину допустимих розв'язків G .

Варіант синтезу структури

| № варіантів елемент структури | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|-------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|
| 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | | | | | | | |
| 2 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | | | | | | | |
| 3 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | | | | | | | |
| 4 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | | | | | | | |
| 5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | | | | | | | |
| 6 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | | | | | | | |
| 7 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | | | | | | | |
| 8 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | |
| 9 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | |
| 10 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | | | | | | | |
| 11 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | | | | | | | |
| 12 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | | | | | | | |
| 13 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | | | | | | | |
| 14 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | |
| 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | | | | | | | |
| 16 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | | | | | | | |
| 17 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | |
| 18 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | | | | | | | |
| 19 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | |
| 20 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | | | | | | | |
| 21 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | | | | | | | |
| 22 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | |
| 23 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | |
| 24 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | | | | | | | |
| 25 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | | | | | | | |
| 26 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | |
| 27 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | |
| 28 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | |

Рисунок 2 – Двоначний граф синтезу структури підвісної канатної дороги з таблицею 1:
 • – вершини зв'язані «та»; ○ – вершини зв'язані «або»; 1 – механізм наявний; 0 – механізм відсутній

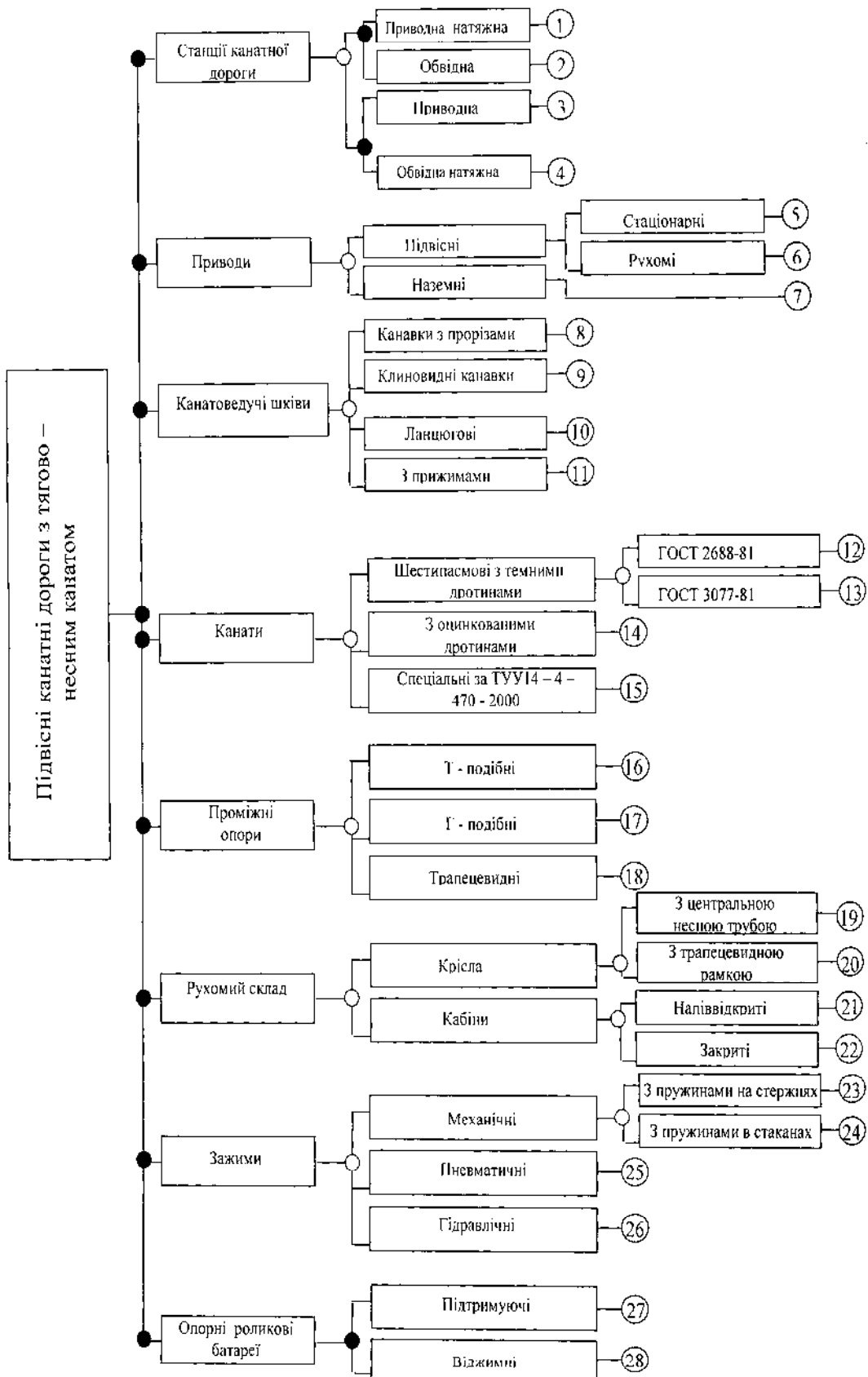
Задача дискретної оптимізації при цілочисельних змінних має вигляд:

$$\min_{x \in G} f(x), \tag{2}$$

де $x = (X_1, \dots, X_j, \dots, X_n)$ – цілі числа; G – скінченна множина.

Оптимальний розв'язок X' отримуємо, якщо $f(X') = \min_{x \in G} f(x)$.

Таблиця 1 – Типи підвісних канатних доріг з тягово-несним канатом



Для визначення оптимального розв'язку обчислюємо нижню межу $V(G_i^k)$ множини значень $\{f(x): x \in G_i^k\}$. Межу визначають, розв'язуючи задачу оцінювання:

$$V(G_i^k) = \min_{x \in G_i} f(x), \quad (3)$$

де $G_i^k \subseteq G_V$. Множину G_V формуємо, відкидаючи частину обмежень, що задають G .

Правомірність такого підходу до обчислення оцінки впливає з нерівності:

$$\min_{x \in G_i^k \subseteq G_i} f(x) \geq \min_{x \in G_V} f(x). \quad (4)$$

Якщо в результаті розв'язування задачі (3) будуть знайдені значення x такі, $x \in G_i^k$, $f(x) = V(G_i^k) \leq V(G_i)$, $V_i = \overline{1, n_k}$, $i \neq 1$, тоді x – оптимальний розв'язок. У протилежному випадку переходимо до наступного кроку, вибираючи підмножину для чергового аналізу за правилом:

$$\min_i \{V(G_i^k) : i = \overline{1, n_k}\}, \quad (5)$$

повторюючи для нього процедуру розбивання та оцінки.

При синтезі канатної дороги значення та область зміни проектних параметрів, як правило, відомі, а критерії якості виражаються детермінованими функціями від них. У такому випадку синтез канатної дороги відбувається в умовах визначеності ситуації, а формування альтернативних варіантів здійснюється за результатами розв'язування задачі векторної оптимізації, яку можна представити в наступному вигляді:

$$\min_{x \in R} m \{f_1(x); f_2(x); \dots; f_k(x)\}, \quad (6)$$

$$g_i(x) = 0; \quad i = 1, 2, \dots, m_1; \quad (7)$$

$$g_i(x) < 0; \quad i = m_1 + 1, \dots, m; \quad (8)$$

$$x_{\min} \leq x \leq x_{\max}, \quad (9)$$

де $f_i(x)$ – часткові критерії якості канатної дороги; x – вектор експлуатаційних параметрів; k – кількість часткових критеріїв якості; $g_i(x)$ – функції обмеження; m_1 , m – кількість обмежень у вигляді рівностей та нерівностей; x_{\min} , x_{\max} – відповідно нижня і верхня межі параметрів.

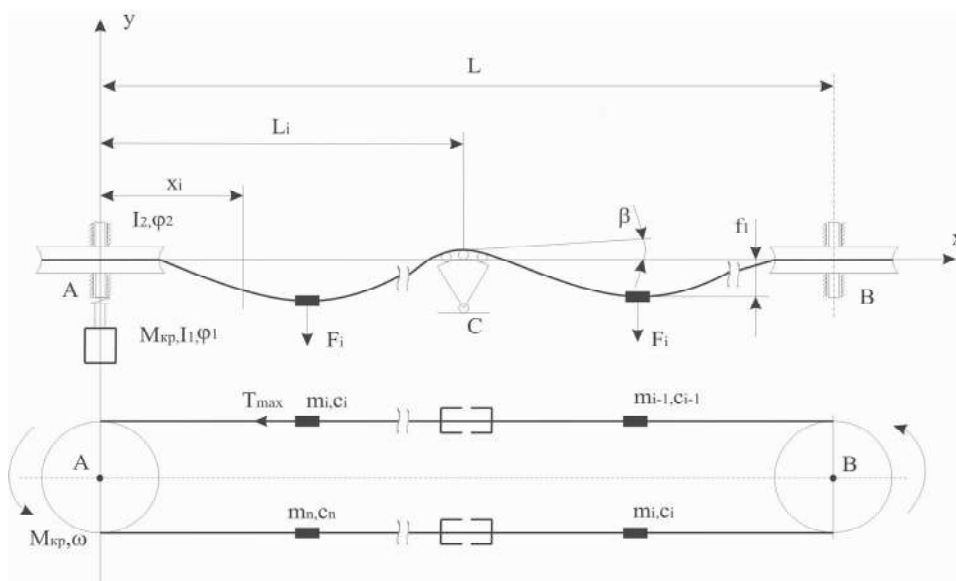


Рисунок 3 – Розрахункова схема підвісної дороги з тягово-несним канатом

Основним елементом підвісної пасажирської дороги є тягово-несний канат, який в основному визначає надійність та ефективність роботи всієї дороги. Тому для розрахунку всіх елементів дороги необхідно в першу чергу визначити зусилля, що виникають в канаті та характер їх зміни. Аналіз роботи та математичні моделі таких систем наведено в [10, 11]. Розрахункова схема канатної дороги наведена на рис. 3.

Зусилля у вітках канату можна визначити розглянувши їх поздовжні коливання. Рівняння руху віток для такого випадку можна записати в наступному виді:

$$\frac{V_i^2}{l_i^2} \cdot \frac{\partial^2 x_i}{\partial \xi_i^2} - \frac{\partial^2 x_i}{\partial t^2}, \quad (i=1,2,\dots,n), \quad (10)$$

де x_i – поступальне переміщення деякого поперечного перерізу вітки канату; V_i – швидкість поширення хвилі пружних деформацій, $V_i = \text{sgrt}\left(\frac{E_k}{\rho}\right)$; E_k , ρ – відповідно модуль пружності і густина матеріалу канату; ξ_i – відносна поздовжня координата $\xi_i = \frac{X_i}{l_i}$; t – час; n – кількість вантажів на вітці канату.

Розв’язки рівнянь руху знаходимо у вигляді:

$$\frac{V_i^2}{l_i^2} \cdot \frac{\partial^2 x_i}{\partial \xi_i^2} - \frac{\partial^2 x_i}{\partial t^2}, \quad (i=1,2,\dots,n), \quad (10)$$

$$U_i = U_i(\xi) \cdot \cos \omega t; \quad (i=1,2,\dots,n), \quad (11)$$

де $U_i(\xi)$ – амплітуда функції переміщень; ω – циклічна частота коливань.

Поздовжню розтягуючи силу T_i в довільному поперечному перерізі можна визначити із залежності:

$$T_i = E_k \cdot A_k \cdot \frac{\partial U_i}{\partial X_i}, \quad (12)$$

де A_k – площа металевого перерізу канату.

При цьому початковий натяг канату визначається з таких умов:

а) стрілка провисання канату під час опирання на опори не перевищує 0,8...1 % відстані між опорами, тобто:

$$f = \frac{ql_i^2}{8T_0} \leq (0,008 \dots 0,01)l_i,$$

де T_0 – монтажний натяг канату, що створюється натяжною станцією.

б) повинна задовольнятися умова: $1,25 \frac{T_{\max}}{T_0} \leq e^{\mu\alpha}$, де α – кут охоплення канатом канатоповодного шківів, рад; μ – коефіцієнт тертя канату з шківом ($\mu = 0,1$ у нефутерованих канавках; $\mu = 0,16$ у пластиковій футеровці; $\mu = 0,3$ у спеціальній футеровці).

Враховуючи тертя між канатом і батареями роликів проміжних опор, тобто втрати енергії, для визначення натягу канату можна запропонувати наступний вираз:

$$T_i = E_k \cdot A_k \cdot \left[\frac{\partial U_i}{\partial X_i} + \varepsilon \overline{\Phi}_i \cdot \frac{\partial U_i}{\partial X_i} \right], \quad (13)$$

де

$$\varepsilon \overline{\Phi}_i \cdot \frac{\partial U_i}{\partial X_i} = \pm \frac{n-1}{4n} \delta \cdot \left[\left(\frac{\partial U_i}{\partial X_i} \right)_{t=0} \right] \times \left[\left(\frac{\partial U_i}{\partial X_i} \right)_{t=0} \pm n \frac{\partial U_i}{\partial X_i} - \frac{\left(\frac{\partial U_i}{\partial X_i} \right)^4}{\left(\frac{\partial U_i}{\partial X_i} \right)^{n-1}} \right],$$

де ε – малий параметр, що показує величину функціоналу $\overline{\Phi}$; n – параметр петлі гістерезису; δ – декремент коливань.

Після нескладних перетворень вираз (13) набуде такого вигляду:

$$T_i = E_k \cdot A_k \cdot \left[\frac{\partial U_i}{\partial x_i} + \varepsilon \overline{\Phi}_i \cdot \frac{\partial U_i}{\partial x_i} \right] \cdot \left(1 + \frac{k_\delta}{\partial x_i} dx_i \right). \quad (14)$$

Сили інерції віток канату та рухомих вантажів представимо такими залежностями:

$$q_i = \rho \cdot A_k \cdot \frac{\partial^2 U_i}{\partial t^2} \cdot dx_i, \quad q_k = \xi(x_k) \cdot \frac{\partial^2 \omega_t}{\partial t^2} dx_i, \quad (15)$$

де $\xi(x_k)$ – умовна погонна маса вантажів; ω_i – переміщення системи.

Тоді на основі рівнянь (14) і (15) можна отримати систему диференціальних рівнянь у такому вигляді:

$$\left. \begin{aligned} \rho A_k \frac{\partial^2 U_1}{\partial t^2} - E_k A_k \cdot \frac{\partial^2 U_1}{\partial t^2} + C_{(x)} \cdot (U_1 - \omega) + E_k A_k \cdot \frac{\partial}{\partial x_1} \varepsilon \overline{\Phi}_1 \left(\frac{\partial U_1}{\partial x_1} \right) &= t_{(t)} - Q_1(t) \\ \rho A_k \frac{\partial^2 U_2}{\partial t^2} - E_k A_k \cdot \frac{\partial^2 U_2}{\partial x_2^2} + E_k A_k \cdot \frac{\partial}{\partial x_2} \varepsilon \overline{\Phi}_1 \left(\frac{\partial U_2}{\partial x_2} \right) &= -Q_2(t) \\ \xi(x_k) \frac{\partial^2 \omega}{\partial t^2} - C_{(x)} \cdot (U_1 - \omega) &= 0 \end{aligned} \right\}, \quad (16)$$

де U_1, U_2 – переміщення відповідно робочої та холостої віток; $Q_1(t), Q_2(t)$ – сили опору руху віток канату; $C_{(x)}$ – жорсткість віток канату; ω – переміщення вантажу.

Для розв'язку системи (16) потрібно прийняти граничні умови, а саме:

$$U_1(0) = U_2(l_2); \quad U_1(l_1) = U(0); \quad E_k A_k \cdot \frac{\partial U_1}{\partial x_1} \Big|_{x_1=0} - m_1 \frac{\partial^2 U_1}{\partial t^2} \Big|_{x_1=0} = E_k A_k \cdot \frac{\partial U_2}{\partial x_2} \Big|_{x_2=l_2}.$$

Розв'язок системи буде виглядати так:

$$\left. \begin{aligned} U_1(x_1, t) &= U_1(x_1) e^{i\lambda t} \\ U_2(x_2, t) &= U_2(x_2) e^{i\lambda t} \\ \omega(x_1, t) &= \omega(x_1) e^{i\lambda t} \end{aligned} \right\}. \quad (17)$$

Для розрахунку привода його можна розглянути як двомасову систему, диференціальне рівняння руху якої має такий вигляд:

$$\left. \begin{aligned} I_1 \cdot \frac{\partial^2 \varphi_1}{dt^2} + c(\varphi_1 - \varphi_2) &= M_1 \\ I_2 \cdot \frac{\partial^2 \varphi_2}{dt^2} - c(\varphi_1 - \varphi_2) &= (T_i + N_i) \cdot \frac{D}{2} \end{aligned} \right\} \quad (18)$$

де I_1 – момент інерції обертових мас двигуна; I_2 – зведений момент інерції елементів привода; φ_1, φ_2 – кути закручування відповідно першої та другої мас; M_1 – пусковий або гальмівний момент двигуна; D – діаметр направляючого шківа.

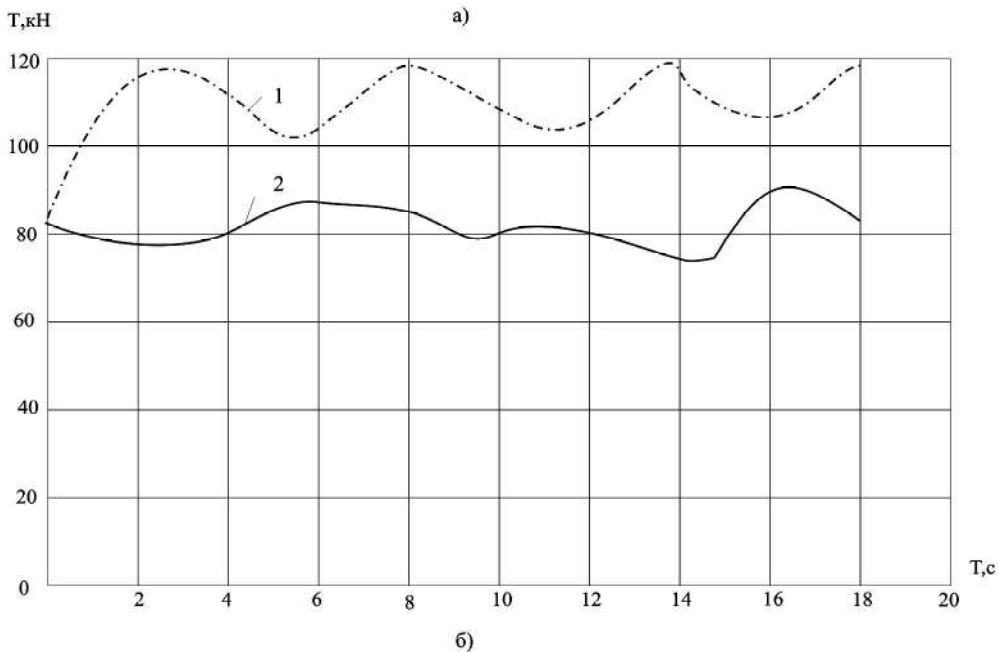
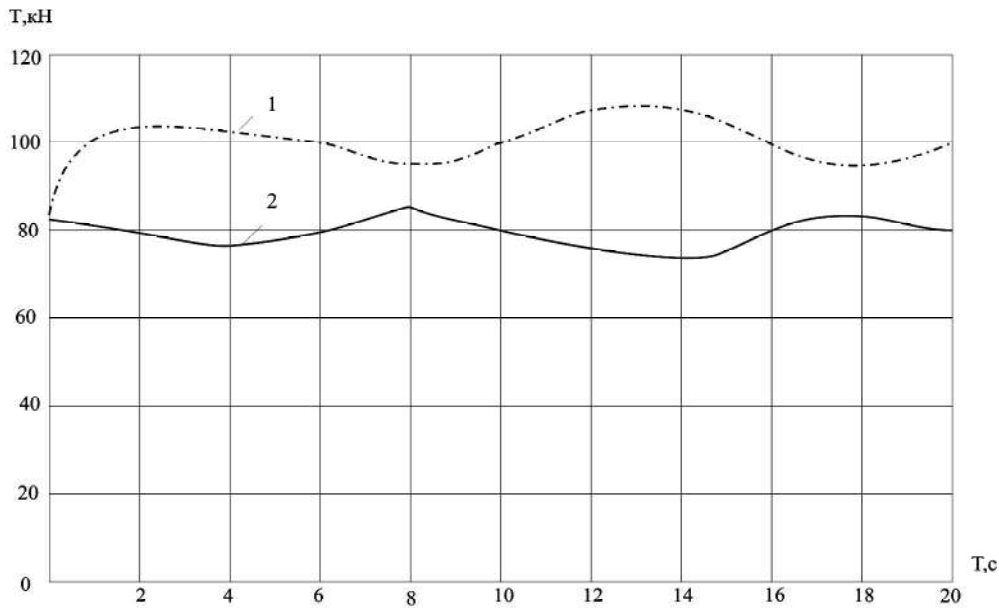


Рисунок 4 – Залежність зміни зусиль у вітках тягово-несного каната при: а) $V=1,5\text{м/с}$; б) $V=3,0\text{м/с}$ (1 – ведуча вітка; 2 – ведена вітка)

Момент M_1 можна визначити за значеннями кінематичних характеристик механічної системи. У разі застосування асинхронного двигуна його момент можна визначити на основі розв'язання рівнянь електромагнітного стану, які можна подати в такому вигляді:

$$\left. \begin{aligned} \frac{di_s}{dt} &= A_S(U_S + \Omega_S \cdot \psi_S - R_S \cdot i_S) + B_R(\Omega_R \cdot \psi_R - R_R \cdot i_S) \\ \frac{di_r}{dt} &= A_R(U_S + \Omega_R \cdot \psi_R - R_R \cdot i_R) + B_S(\Omega_S \psi_S - R_S \cdot i_S) \end{aligned} \right\}, \quad (19)$$

де: i_R, i_S, U_S – матриці-стовпці струмів і напруг; A_S, B_S, A_R, B_R – матриці зв'язку; Ω_R, Ω_S – матриці частот обертання; ψ_R, ψ_S – матриці-стовпці потокозчеплень.

Тоді момент M_1 можна визначити за формулою

$$M_1 = \frac{3}{2} p_0 \frac{1}{\tau} (i_{RS} \cdot i_{SY} - i_{RY} \cdot i_{SX}), \quad (20)$$

де p_0 – кількість пар магнітних полюсів.

Рівняння (13), (18), (19) утворюють замкнену систему рівнянь. Для зручності числового інтегрування руху їх можна звести до нормального виду Коші. Залежно від завдання, яке ставиться під час проектування та експлуатації систем із замкненим канатом, можна скористатися наведеними вище аналітичними залежностями.

Висновки. Із графіків на рис. 4 видно, що зі збільшенням швидкості руху каната натяг і частота його зміни зростають до 30%. Тобто вплив динамічних зусиль при розрахунку таких систем потрібно врахувати. У разі збільшення швидкості руху каната, що забезпечує підвищення продуктивності установки, приводи потрібно оснащувати спеціальними компресорами, які дадуть змогу гасити коливання і забезпечать стабілізацію натягу каната.

Напрямки подальших досліджень

1. Динаміка пасажирських канатних доріг.
2. Дослідження роботи тягово-несних канатів в зоні проміжних опор.
3. Динамічне моделювання та аналіз роботи пасажирських канатних доріг.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Беркман М. Б. Подвесные канатные дороги / М. Б. Беркман, Г. Н. Бовский, Г. Г. Куйбида, Ю. С. Леонтьев. – М. : Машиностроения, 1984. – 264 с.
2. Лавітський А. С. Канатні дороги: Шляхи вирішення проблем / А. С. Лавітський, Я. Я. Кіма // Подемные сооружения, специальная техника : Научно-технический и производственный журнал. – 2003. – № 7 (23). – С. 22-23.
3. Малиновський В. А. Стальные канаты. Ч.І; Ч.ІІ. / В. А. Малиновський. – Одесса : Астропринт, 2001. – 188 с.; 2002. – 180 с.
4. Адамовський М. Г. Підвісні канатні лісотransпортні системи / М. Г. Адамовський, М. П. Мартинців, Й. С. Бадера. – К. : ІЗМН, 1997. – 156 с.
5. Мартинців М. П. Проміжна щогла багаторазового використання для канатної лісотransпортної установки / М. П. Мартинців, Б. В. Сологуб, І. В. Бичинюк // Патент на корисну модель № 24654; В61 В7/00 ; зареєстровано 10.07.2007 р. – 6 с.
6. Мартинців М. П. Проміжна щогла підвісної канатної установки / М. П. Мартинців, І. В. Бичинюк, Б. В. Сологуб // Патент на корисну модель № 48067; В61 В7/00, опубліковано 10.03.2010 р. ; Бюл. № 5. – 6 с.
7. Кіндрацький Б. І. Рациональне проектування машинобудівельних конструкцій: Монографія / Б. І. Кіндрацький, Г. Т. Сулим. – Львів : КІНПАТРІ, ЛТУ, 2003. – 280 с.
8. Сологуб Б. В. Побудова моделі синтезу підвісних канатних систем / Б. В. Сологуб // Матеріали конференції, 2010 р.
9. Быков В. П. Методическое обеспечение САПР в машиностроении / В. П. Быков – Л. : Машиностроение, 1989. – 255 с.

10. Мартинців М. П., Удовицький О. М., Сологуб Б. В. Аналіз роботи рекреаційних канатних установок, як підвісних конвеєрів / М. П. Мартинців, О. М. Удовицький, Б. В. Сологуб // Науковий вісник НЛТУ України : Збірник науково-технічних праць. – Львів : НЛТУ України, 2009. – С. 91-97.

11. Мартинців М. П. Особливості розрахунку систем із замкнутим рухомим тягово-несним канатом / М. П. Мартинців, М. Г. Адамовський, Б. В. Сологуб // Науковий вісник НЛТУ України : Збірник науково-технічних праць. – Львів : НЛТУ України. 2009. – Вип. 19.8. – С. 146-152.

Сологуб Б.В. АНАЛИЗ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ И ОСНОВЫ СИНТЕЗА ПАССАЖИРСКИХ ДОРОГ С ТЯГОВО-НЕСУЩИМ КАНАТОМ

Предложен метод расчета каната и основных элементов канатной установки с учетом динамических нагрузок. На основе анализа уравнений построены графики изменения усилий в ведущей и ведомой ветвях каната.

Комплексный подход дает возможность оценить качественную структуру новой канатной системы и существующие альтернативные варианты, а также обосновать основные конструктивные и эксплуатационные параметры.

Ключевые слова: канатная установка, канат, динамические нагрузки, конструктивни параметри.

Sologub B.V. ANALYSIS OF THE DESIGN FEATURES AND PRINCIPLES OF THE SYNTHESIS PASSENGER ROAD WITH TRACTION-TRACK CABLES

The method of calculation of the rope and the basic elements of the cable installation, taking into account the dynamic loads. Based on the analysis of equations constructed graphs efforts in Master and Slave branches rope.

Integrated approach provides an estimate qualitative structure of the new cable car system and the existing alternatives, and justify the main design and operational parameters.

Keywords: cable installation, rope, dynamic load konstruktivni options.