

або після диференціювання

$$\sin 2\alpha_z^{\text{on}} \left(V_n \cos \alpha_z^{\text{on}} - 2\omega_k^{\text{on}} z \sin \alpha_z^{\text{on}} \right) + \omega_k^{\text{on}} \left(\alpha_z^{\text{on}} \right)' \left[V_n \left(\cos^2 \alpha_z^{\text{on}} - 3 \sin^2 \alpha_z^{\text{on}} \right) \cos \alpha_z^{\text{on}} - \right. \\ \left. - \omega_k^{\text{on}} z \sin \alpha_z^{\text{on}} \left(2 \cos 2\alpha_z^{\text{on}} + \sin 2\alpha_z^{\text{on}} \right) \right] = 0, \quad (15)$$

$$\text{де } \left(\alpha_z^{\text{on}} \right)' = \frac{\partial \alpha_z^{\text{on}}}{\partial \omega_k^{\text{on}}}.$$

Визначене з (15) оптимальне ω_k^{on} значення кутової швидкості $\frac{d\varphi}{dt}$ обертання ВК при

підстановці в залежність (12) визначає максимально можливе значення потужності N^{on} .

Отже, залежності (10) і (15) дають змогу оптимізувати кут профілю лінійчатої лопаті тихохідного ВК та швидкість його обертання за критерієм максимально можливого відбору потужності зі слабких потоків повітря.

1. Лозовий І.С., Кудлик М.Б. Моделирование работы линейчато-профильной лопаті вітроколеса з горизонтальною віссю обертання // Сб. Тр. IV Междунар. науч.-практ. конф. “Современные проблемы геометрического моделирования”. Ч. 2. 4–6 сентября 1997 г. – Мелитополь, 1997. – С. 96–97. 2. Янг Л. Лекции по вариационному исчислению и теории оптимального управления. – М., 1974. – С. 488.

УДК 624.5

І.М. Ольховий

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра опору матеріалів

РЕГУЛЮВАННЯ ПЕРЕМІЩЕНЬ ЕЛЕМЕНТІВ ВАНТОВИХ ПЕРЕХОДІВ ТРУБОПРОВОДІВ З ВРАХУВАННЯМ ТЕМПЕРАТУРНИХ ДЕФОРМАЦІЙ

© Ольховий І.М., 2001

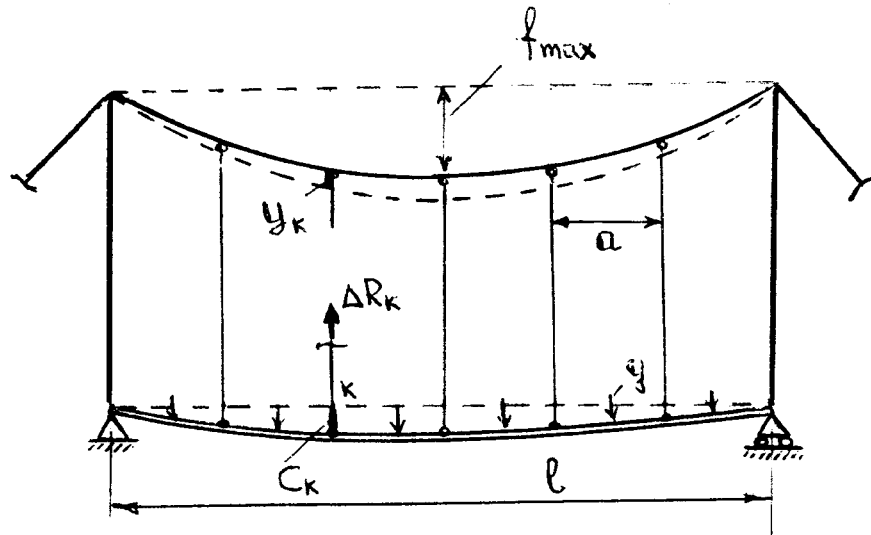
Розглянуто зняття або зменшення напружень в трубах вантових переходів з врахуванням як силових, так і температурних факторів.

The question of removal or decrease of stress in the pipes of the suspended passages is considered. The power and temperature factors are taken into consideration.

У підвісних трубопроводах під впливом силових, температурних й інших факторів, може відбуватись деформація осі труби і виникати напруження згину, значення яких можуть бути великими. Для зняття або зменшення цих напружень здійснюють зміну довжин підвісок, що з'єднують гнучку ванту з трубою. У [1] розглянуто визначення величин змін довжини підвісок при дії на елементи переходу лише силового навантаження. У цій роботі враховано і вплив зміни температури. При зміні температури насамперед відбувається зміна довжини ванти, зв'язана з нею зміна її форми і зміна натягу ванти. Задача про переміщення в системі “ванта-труба” є нелінійною і розрахунок впливу температури не можна здійснювати окремо, з використанням принципу суперпозиції. Як було показано в

[1] зігнуту трубу на вантовому переході можна розглядати як балку з шарнірно опертими або защемленими кінцями, навантажену постійним розподіленим навантаженням (вага труби і продукту в ній), до якої через певні однакові проміжки прикладені сили ΔR_K , які дорівнюють силам натягу підвісок ванти.

Розрахункова схема такого переходу (для балки з шарнірно опертими кінцями) показана на рисунку.



Розрахункова схема

Якщо відомі відхилення точок осі труби від прямої лінії (задані C_K), то для визначення додаткових зусиль (ΔR_K ($k=1,2,\dots,n$), які потрібно прикласти за допомогою натягу підвісок, щоб вирівняти вісь труби, для схеми балки з шарнірно-опертими кінцями служить система рівнянь

$$\sum_{i=1}^k \Delta R_i \left\{ (n-1) \left[k^2 + i(i-2n) \cdot k \right] - n \cdot (k-i)^3 \right\} + \sum_{i=k+1}^{n-1} \Delta R_i (n-1) \left\{ k^2 + i(i-2n) \right\} k = d_K, \quad (1)$$

де $d_K = \frac{6nEI \cdot C_K}{a^3}$ – коефіцієнти, пропорційні переміщенням точок осі труби з згинною жорсткістю EI в місцях кріплення підвісок; a – відстань між підвісками; n – кількість прогонів між підвісками.

Для схеми переходу з жорстко-защемленими кінцями система для визначення зусиль має вигляд

$$\sum_{i=1}^K \Delta R_i (\alpha_{iK} + \beta_{iK}) + \sum_{i=K+1}^{n-1} \Delta R_i \cdot \alpha_{iK} = b_K, \quad (2)$$

де

$$\alpha_{iK} = (n-i)(n^2 + ni - 2i^2) \cdot k^3 - 3nik^2(n-i)^2;$$

$$\beta_{iK} = n^3(k-i)^3;$$

$$b_K = \frac{n^3 \cdot 6EI}{a^3} \cdot c_K.$$

Визначені з системи рівнянь (1) або (2) додаткові сили ΔR_k натягу підвісок, діючи на ванту, деформують її. Точки вант в місцях кріплення підвісок дістають додаткові зміщення. Ці додаткові зміщення, при зміні температури середовища, будуть залежати не тільки від значення сил ΔR_k , але і від температурної зміни Δt^0 . Основне рівняння для визначення вектора додаткових переміщень точок осі вант $\vec{y}$ при сумісній дії додаткового навантаження $\Delta \vec{R}$ і зміни температури на Δt^0 залишається аналогічним до рівняння при дії лише силового навантаження і має вигляд [3]

$$\vec{y} = \frac{\lambda}{H_R} A^{-1} \Delta \vec{R} - (1 - \lambda) \vec{f}, \quad (3)$$

де H_R – сили розпору від постійного навантаження; $\vec{f}$ – вектор переміщень точок підвіски вант від постійного навантаження; A^{-1} – діагональна матриця.

$$\lambda = \frac{H_g}{H},$$

де H_g – розпор від постійного навантаження g ; H – сумарний розпор від постійного навантаження і додаткових сил $\Delta \vec{R}$.

Оскільки в рівнянні (3) є дві невідомі $\vec{y}$ і H , то для розв'язування задачі складемо додаткове рівняння, враховуючи принцип можливих переміщень Лагранжа і прирівнявши до нуля можливу роботу зовнішніх і внутрішніх сил від постійного навантаження g на переміщеннях, що зумовлені одночасною дією додаткового навантаження $\Delta \vec{R}$ і температури Δt^0 . Це рівняння має вигляд

$$\sum_{k=1}^n R_k \cdot y_k - (U_{\Delta R} + U_{\Delta t}) = 0 \quad (4)$$

причому $U_{\Delta R} = \frac{H_R \cdot H_{\Delta R}}{EF_0} \cdot L_S$;

$$U_{\Delta t} = \sum_{K=1}^{n+1} \frac{H_R}{\cos \varphi_K} \cdot \alpha_t \cdot \Delta t \cdot S_K = H_R \cdot \alpha_t \cdot L_t,$$

де

$$L_S = \mu \cdot l = \left(1 + \frac{16}{3} \cdot \frac{f_{\max}^2}{l^2} \right) \cdot l;$$

$$L_t = \mu_t \cdot l = \mu l,$$

α_t – коефіцієнт температурного розширення; l – довжина вантового переходу; $f_{\max}$ – найбільший прогин вант; EF_0 – жорсткість вант при розтягу.

З врахуванням попереднього можна записати

$$\sum_{k=1}^n R_k \cdot y_k = \left(\frac{1}{\lambda} - 1 \right) \frac{H_R \cdot L_S}{EF_0} \cdot L_S + H_R \cdot \alpha_t \cdot \Delta t \cdot L_t.$$

Для випадку, коли початкове навантаження рівномірно розподілене по прогоні $R_K = g \cdot a$ і тоді

$$\sum_{k=1}^n y_k = \left(\frac{1}{\lambda} - 1 \right) \cdot \frac{H_R \cdot L_S}{q \cdot a \cdot E \cdot F_0} + \frac{H_R}{q \cdot a} \cdot \alpha_t \cdot t \cdot L_t. \quad (5)$$

Розв'язавши сумісно рівняння (3) і (4) з врахуванням останніх виразів, для визначення параметра $\lambda = \frac{H_R}{H}$ отримаємо рівняння, аналогічне до рівняння відповідної силової задачі

$$\lambda^2 - a_1 \cdot \lambda - a_2 = 0, \quad (6)$$

де $a_1 = \frac{B \cdot \bar{f} - \alpha + \gamma_t}{\beta}; \quad a_2 = \frac{\alpha}{\beta}.$

Коефіцієнти a_1, a_2 визначаються як в силовій задачі. Відмінність є лише в коефіцієнті a_1 , в який входить параметр γ_t , що враховує вплив температури. Цей параметр знаходять із виразу

$$\gamma_t = \frac{H_R}{q \cdot a} \cdot \alpha_t \cdot t \cdot L_t.$$

Розв'язок рівняння (5) дає значення параметра λ . Тоді з рівняння (3) визначаються компоненти вектора додаткових переміщень $\vec{y}$. Значення цих компонент відповідає величинам, на які треба збільшити або зменшити довжини підвісок, для вирівнювання осі трубопроводу.

1. Ольховий И.М. Регулирование напряжений изгиба в трубах подвесных трубопроводов // Вестн. Львов. политехн. ин-та. – 1987. – № 217. – С. 78–85. 2. Смирнов В.А. Висячие мосты больших пролетов. – М., 1975.