ЛІТЕРАТУРА

1. Белан С.В. Составление рационального расписания выезда пожарных автомобилей на пожар./ Проблемы пожарной безопасности: Сб. науч. труд. Выпуск 4. – Харьков: ХИПБ, 1998. – 236 с.

2. Мамон В.П. Розроблення методу визначення маршрутів прямування пожежних автомобілів до вогнищ пожеж: Автореферат дисертації. – Харків: ХІПБ МВС України, 1998 р.- 18 с.

3. Рак Т.Є. Метод оптимізації часу прибуття пожежних автомобілів на місця викликів. // Вісник Національного університету „Львівська політехніка". № 433 Комп'ютерна інженерія та інформаційні технології. – Львів: Видавництво ДУ"ЛП", 2001. – с.207-211.

4. Rak T. Optimization of arrival time of fire-engine on places of call. // The experience of designing and application of CAD system in microelectronics. Proceeding of the VI-th international conference CADSM 2001. – Lviv: Publishing house of LPNU, 2001. – p. 299-300.

5. Н.Н.Брушлинский, Соколов С.В., Алехин Е.М., Коломиец Ю.И. Теоретические основы организации и управления деятельностью противопожарной службы. Моделирование процесса ее функционирования. // Пожаровзрывобезопастность. - 2002. - № 1. - С. 3-15.

6. Брушлинский Н.Н.Системный анализ и проблемы пожарной безопасности народного хозяйства. / Под ред. Н.Н. Брушлинского. - М.: Стройиздат, 1988. –413с.

УДК 621.4

І.М.Ольховий, к.т.н., доцент (Львівський інститут пожежної безпеки МНС України)

ДО ПИТАННЯ ПІДВИЩЕННЯ МІЦНОСТІ НАДЗЕМНИХ ЧАСТИН МАГІСТРАЛЬНИХ ТРУБОПРОВОДІВ.

Проаналізовано вплив напружень згину на міцність надземних частин трубопроводів (нафтопроводів). Запропоновано методику визначення зусиль на проміжних опорах (якщо проміжні опори жорсткі), та зміну довжин підвісок, що кріплять трубу до ванти (на вантових переходах), необхідних для зняття напружень згину, з врахуванням як силових, так і температурних факторів.

При прокладанні нафтопроводів великих діаметрів через ріки, яри і т.п. їх розміщують на опорах. Віддалі між опорами вибирають таким чином, щоб прогини труби були обмежені, бо зі збільшенням довжини прогону зростають напруження згину. Ці напруження можуть мати суттєвий вплив на міцність трубопроводів і нехтування ними може бути причиною аварій нафто- чи газопроводів, що в свою чергу веде до пожеж та забруднення середовища.

При експлуатації нафтопроводів (наприклад, нафтопроводу «Дружба») для зменшення небезпеки руйнування і відповідно пожеж чи екологічної катастрофи, проводять періодичну перевірку прогинів осі труби з метою її вирівнювання за допомогою спеціальних пристроїв. Проте загальної розрахункової методики визначення величини зміни довжини підвісок, необхідної для вирівнювання труби, з врахуванням як силових, так і температурних факторів, не існує. Мета роботи полягає в розробці такої методики зменшення напружень згину і зв'язаного з цим підвищення безпеки роботи вказаних вище трубопроводів.

Залежність величини напружень згину від прогину можна проілюструвати на прикладі трубопроводу з діаметром труби D і товщиною стінки труби δ. Геометричні характеристики

вказаного перерізу: момент інерції $I = 0,393\delta d^3$; момент опору $W = 0,785\delta d^2$, де $d = D - \frac{\delta}{2}$ – середній радіус труби. При схематичному представленні труби, як балки шарнірно опертої на двох опорах, найбільші напруження і прогини рівні:

$$\left.\begin{aligned} \max\sigma_{зг} &= \frac{M_{\max}}{W} = \frac{ql^2}{4\cdot 0,785\delta d^2} = 0,318\frac{ql^2}{\delta d^2} \\ f &= \frac{5ql^4}{384EI_z} = 0,0331\frac{ql^4}{E\delta d^3} \end{aligned}\right\}, \qquad (1)$$

де q – інтенсивність розподіленого навантаження, що виражається через вагу трубопроводу і рідини в ньому.

Між величинами max $\sigma_{зг}$ і f існує залежність, що виходить з формул (1)

$$\max\sigma_{зг} = 9,61\frac{Edf}{l^2}. \qquad (2)$$

Якщо прогин f при відносно незначній відстані l великий, то напруження згину стають значними. Наприклад, для труби з параметрами $D = 800$ мм; $\delta = 10$ мм; $l = 20$ м і прогином $f = 5$ см найбільші напруження згину $\max\sigma_{зг} = 190$ Мпа. Якщо допустити, що трубопроводом подається рідина під тиском $p = 50$ атм, то окружні напруження в стінці труби від тиску рідини

$$\sigma_0 = \frac{pD}{2\delta} = 200\,\text{Мпа}.$$

Тобто в стінці трубопроводу, зі сторони стиснутих волокон труби, виникає напружений стан з напруженнями:

$$\sigma_1 = \sigma_0 = 200\,\text{Мпа};\ \sigma_2 = 0\,\text{Мпа};\ \sigma_3 = \left|\max\sigma_{зг}\right| = -190\,\text{Мпа}.$$

Еквівалентні напруження за III теорією міцності $\sigma_{екв} = 390$ Мпа досягають великих значень, які фактично в два рази перевищують відповідні напруження при відсутності в трубі напружень згину.

Якщо довжина переходу (відстань l між основними опорами) є значною, то для зменшення напружень згину труби додатково опирають в проміжних точках. Це можуть бути або жорсткі опори, або закріплення за допомогою підвісок до гнучкої ванти.

Коли труба оперта на жорстких основних і проміжних опорах і її вісь внаслідок неточності виготовлення чи умов експлуатації стала кривою, то для зняття напружень згину вимірюють за допомогою геодезичних приладів величину відхилень в точках над опорами зігнутої осі від прямої. Для вирівнювання осі в точках кріплення труби до опор слід прикласти сили ΔR_k, де k=1, 2 … n – кількість проміжних опор труби. Величина цих додаткових сил ΔR_k визначається за виміряними переміщеннями із універсального рівняння прогинів балки, навантаженої відомим розподіленим навантаженням q і невідомими силами ΔR_k, прикладеними в проміжних точках закріплення балки із системи рівнянь (1)

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

де $d_k = \frac{6nEI}{a^3}c_k$; ($k$=1, 2 … n);

n, a – кількість прогонів між опорами кріплення і відстань між точками кріплення.

Розв'язавши систему (3) визначають зусилля ΔR_k (k=1, 2 … n), які необхідно прикласти в проміжних опорах для вирівнювання осі трубопроводу.

В деяких випадках кріплення трубопроводів на основних опорах для визначення зусиль ΔR_k доцільніше вибрати схему балки з защемленими краями. Тоді система рівнянь має вигляд:

$$\sum_{i=1}^{k} \Delta R_i (\alpha_{ik} + \beta_{ik}) + \sum_{i=k+1}^{n-1} \Delta R_i \cdot \alpha_{ik} = b_k \,, \qquad (4)$$

де $\alpha_{ik} = (n-i)\left(n^2 + ni - 2i^2\right)k^3 - 3nik^2(n-i)^2$;

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

$b_k = \dfrac{6n^3 EI}{a^3} c_k$.

Часто в трубопровідних переходах великої довжини проміжні точки труби розміщують не на жорстких опорах, а кріплять за допомогою підвісок до гнучкої ванти (рис. 1).

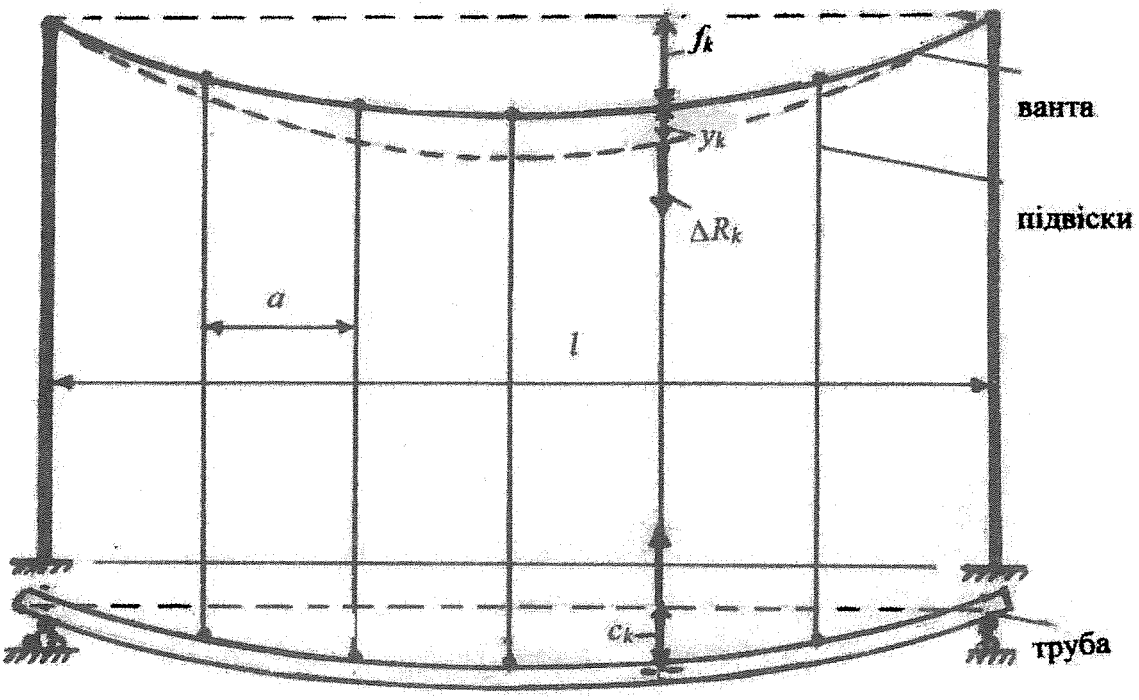

Рис. 1. Схема вантового переходу

Вирівнювання осі здійснюється шляхом зміни, за допомогою спеціальних пристроїв, довжини підвісок. Тому в цьому випадку задача вирівнювання осі трубопроводу зводиться до задачі про визначення необхідної зміни довжини підвісок.

Складність задачі, в порівнянні з випадками кріплення проміжних перерізів на жорстких опорах, полягає в тому, що додаткові сили ΔR_k (k=1, 2 … n) в підвісках

деформують одночасно і трубу і ванту. Тому розв'язування задачі слід здійснювати з врахуванням геометричної нелінійності по деформованій схемі. При розв'язуванні доцільно враховувати як вплив навантаження, так і вплив температурного фактора – зміни довжини і форми ванти і пов'язані з ним значення складових провисання ванти f_k (k=1, 2 … n) при зміні температури середовища.

При прикладанні до підвісок ванти додаткових сил ΔR_k (необхідних для вирівнювання осі труби), в точках кріплення підвісок до ванти виникнуть додаткові зміщення y_k (k = 1, 2 … n). Для визначення вектора додаткових переміщень $\vec{y}$ служить рівняння (2)

$$\vec{y} = \frac{\lambda}{H_R} A^{-1} \cdot \Delta\vec{R} - (1-\lambda) \cdot \vec{f}\,, \tag{5}$$

де H_R – сили розпирання в ванті від дії постійного навантаження;
A^{-1} – діагональна матриця;

$\lambda = \frac{H_R}{H}$, причому H – сумарна сила розпирання від $\vec{q}$ і $\Delta\vec{R}$.

Для визначення $\vec{y}$ слід спочатку знайти величину параметра λ. З цією метою можна використати принцип можливих переміщень, прирівнявши до нуля можливу роботу внутрішніх і зовнішніх сил від постійного навантаження на переміщеннях, викликаних додатковими силами і зміною температури. В результаті дістаємо співвідношення

$$\sum_{k=1}^{n} R_k y_k = (\frac{1}{\lambda} - 1) \cdot \frac{H_R \cdot L_s}{EF_0} \cdot H_R \cdot \alpha_t \cdot \Delta t \cdot L_t\,. \tag{6}$$

У випадку рівномірно розподіленого по довжині навантаження q з останнього виразу можна отримати квадратне рівняння для визначення λ:

$$\lambda^2 - a_1\lambda - a_2 = 0\,, \tag{7}$$

де $a_1 = \frac{B \cdot \vec{f} - \alpha + \gamma_t}{\beta}$; $a_2 = \frac{\alpha}{\beta}$,

причому B – одинична матриця - лінійка,

$$\alpha = \frac{(H_R)^2 \cdot L}{EA \cdot qa}\,;\quad \beta = \frac{1}{H_R} B \cdot A^{-1} \cdot \Delta\vec{R} + B\vec{f}\,;\quad \gamma_t = \frac{H_R}{qa}\alpha_t \cdot \Delta t \cdot L_t\,;$$

$$L_t = \mu_t \cdot l\,;\quad \mu_t = 1 + \frac{16}{3} \cdot \frac{f^2}{l^2}\,,$$

де f, l – найбільший прогин ванти і довжина прогону переходу.
Визначивши із (7) параметр λ, із рівняння (5) знаходимо вектор додаткових переміщень $\vec{y}$.

Порядок визначення необхідної зміни довжини підвісок труби має вигляд:

1. Шляхом вимірювань знайти вектор зміщень $\vec{f}$ точок ванти від дії постійного навантаження $\vec{R}$ зі сторони труби на ванту;
2. Записати матриці A і A^{-1} для заданої кількості підвісок;
3. Записати матрицю-лінійку B і визначити BA^{-1} і $B\vec{y}$;
4. Записати вектор додаткових сил $\Delta\vec{R}$ і знайти $BA^{-1} \cdot \Delta\vec{R}$;
5. Визначити L та коефіцієнти α, β, γ;
6. Визначити параметр λ;
7. Визначити вектор додаткових переміщень;
8. Визначити необхідну величину зміни довжин підвісок $\Delta l_k = y_k + c_k$ (k=1, 2 … n).

Висновки

Запропонована розрахункова методика визначення величини зміни довжин підвісок вантових трубопроводів (нафтопроводів), необхідної для зняття напружень згину з врахуванням як силових, так і температурних факторів.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Ольховий І. М., До дослідження переміщень осі труби в вантових переходах // Вісник ДУ «Львівська політехніка». – Львів, 1997. – № 323 – С. 95-98.*
2. *Смирнов В. А., Висячие мосты больших пролетов: – М.: Высшая шк., 1975 г. – 368 с.*

УДК 614.842

В.М.Жартовський, д.т.н., професор, Ю.В.Цапко, к.т.н., С.А.Ляшенко, О.Г.Барило
(Український науково-дослідний інститут пожежної безпеки МНС України)

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ РЕЦЕПТУРИ КОМПОЗИЦІЇ ДЛЯ ВОГНЕБІОЗАХИСТУ ПАПЕРУ

Наведено результати визначення оптимальних параметрів композиції на основі фосфатів сечовини для вогнебіозахисту паперу

На теперішній час найбільш розповсюдженими матеріалами для оздоблення приміщень традиційно залишається папір (наприклад, шпалери), але в зв'язку з їх підвищеною горючістю такі матеріали відносяться до пожежонебезпечних матеріалів. Згідно з [1], передбачається захист людей на шляхах евакуації від дії небезпечних факторів пожежі. У будинках усіх ступенів вогнестійкості, крім будинків V ступеня вогнестійкості, на шляхах евакуації не дозволяється застосовувати будівельні матеріали з високою пожежною небезпекою. Оброблення матеріалів засобами вогнезахисту суттєво впливає на поширення полум'я, дозволяє набагато зменшити димоутворювальну здатність та тепловиділення. Папір та вироби з нього також широко використовують для пакування різноманітних матеріалів, в тому числі і горючих. Вогнезахист такого паперу виключає можливість загоряння паперу від малокалорійних джерел загоряння. Згідно з ГОСТ 1510-84 [2] передбачається проведення вогнезахисту і пакувального паперу.

Для комплексного захисту целюлозовмісних матеріалів від загоряння і біологічного руйнування запропоновано використовувати суміші деяких препаратів [3], але вони не придатні для вогнезахисту паперу, тому що на поверхні відбувається утворення солей, а з часом матеріал втрачає захисні властивості, до того ж погіршуються естетичні показники паперу. Застосування деяких сучасних вогнебіозахисних композицій [4] для оброблення незручне в технологічному аспекті. Для усунення вищеназваних недоліків було запропоновано для вогнезахисту паперу використовувати сполуку ортофосфорної кислоти із сечовиною, до якої додається "Гембар" для біозахисту (композиція "ФКСГ-1").

Метою даної роботи було визначення оптимальних параметрів композиції на основі фосфатів сечовини для вогнебіозахисту паперу.

Дослідження з визначення димоутворювальної здатності вогнебіозахищеного паперу, проводили з різними співвідношеннями концентрацій ортофосфорної кислоти, фосфату сечовини та "Гембару", які входять до вогнезахисної композиції "ФКСГ-1" згідно з