УДК 621.643.001.2

УДОСКОНАЛЕННЯ ВІДОМОГО МЕТОДУ РОЗРАХУНКУ ОПТИМАЛЬНОЇ ДОВЖИНИ КОНСОЛЕЙ БАЛКОВИХ ПЕРЕХОДІВ ГАЗОНАФТОПРОВОДІВ ЧЕРЕЗ ПЕРЕШКОДИ

Л.М. Гайдаш

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел.(03422) 30436,
e-mail: t z n g @ n u n g, e d u . u a

Пропонується вдосконалений метод визначення оптимальної довжини консолей в консольних схемах балкових переходів. У ньому враховані нові факти дослідження, які свідчать про те, що вертикальна зосереджена сила тиску на консоль, на відміну від відомого методу, складається із двох складових: вертикальної сили тиску, що дорівнює вазі половині довжини перехідної ланки, та вертикальної сили тиску, викликаної вагою насипу на її підземній частині. Математичний апарат розрахунку приведений у відповідність до нових даних дослідження.

Ключові слова: консоль, вертикальна сила тиску, перехідна ланка, вага насипу.

Предложен усовершенствованный метод определения оптимальной длины консолей в консольных схемах балочных переходов. В нем учтены новые факты исследования, свидетельствующие о том, что вертикальная сосредоточенная сила давления на консоль, в отличие от известного метода, состоит из двух составляющих: вертикальной силы давления, равной весу половины длины переходного участка, и вертикальной силы давления, вызванной весом насыпи на ее подземной части. Математический аппарат расчетов приведен в соответствие новым данным исследования.

Ключевые слова: консоль, вертикальная сила давления, переходной участок, вес насыпи.

Improved method for determining the optimal length of the consoles in the console circuits beam transitions is proposed. It takes into account new facts research showing that a vertical concentrated force of pressure on the console, unlike the known method consists of two components: the vertical pressure force equal to the weight of half the length of the transition area, and the vertical pressure force caused by the weight of the filling dam underground part. The mathematical apparatus of the calculations in compliance with new data research is given.

Keywords: console, vertical pressure force, transition area, weight of the filling dam.

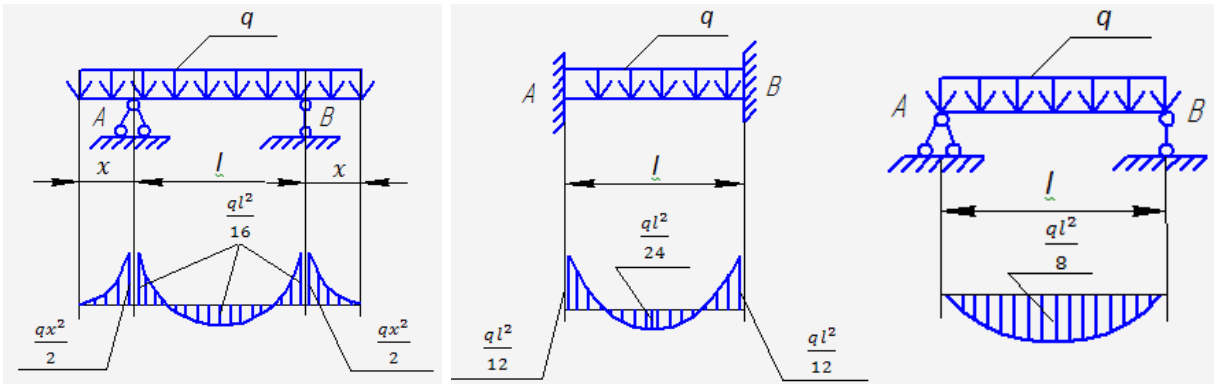
Постановка проблеми. Відомо [1, 2], що консольні схеми балкових переходів магістральних газонафтопроводів через природні та штучні перешкоди можуть бути як з одним прогоном, так і з багатьма прогонами. Вони бувають з однією та з двома консолями, що залежить від необхідної кількості температурних компенсаторів, рельєфу та інших місцевих умов. Перевага консольних схем полягає в тому, що консолі розвантажують прогони, особливо, якщо дотикаються до них, завдяки чому можна збільшити довжину прогону і покращити техніко-економічні показники балкових переходів. Розрахункова довжина консолі переходу з одним прогоном, що зазнає дію рівномірно розподіленого навантаження, визначається із умови рівності прогонного та опорних моментів. Рівність моментів має місце при довжині консолі, рівній 0,354 l, де l – відстань між опорами прогону, що дотикається до консолі. Розрахункова довжина консолі у багато прогонних переходах та в системах при одній консолі, що зазнає дію рівномірно розподіленого навантаження, визначається із умови рівності моментів на крайніх і проміжних опорах. У цьому випадку довжина консолі дорівнює 0,408l. Крім рівномірно розподіленого навантаження консолі зазнають дії зосереджених сил від ваги половини довжини температурного компенсатора. Отже, дійсна оптимальна довжина консолі зменшується.

Результати досліджень [3,4] засвідчили, що зосереджена сила тиску на кінець консолі балкового переходу складається із двох складових, що не були враховані у відомому методі: перша складова – сила тиску від ваги половини довжини перехідної ланки, що з'єднує балковий перехід з підземним трубопроводом; друга складова – сила тиску від ваги насипу на підземній частині перехідної ланки. Ці два чинники не враховані у відомому методі розрахунку довжини консолі.

Постановка завдання. Вдосконалення відомого методу розрахунку оптимальної довжини консолей балкових переходів з врахуванням нових фактів.

Висвітлення основного матеріалу. З метою практичного впровадження нових фактів у метод розрахунку оптимальної довжини консолі розглянемо схеми балкових переходів з консолями (рис. 1,а) та защемленими кінцями (рис. 1,б) з одним прогоном, завантаженим рівномірно розподіленим навантаженням.

У консольній схемі (рис. 1,а) довжина консолей розраховується із умови рівності прогонних та опорних моментів [1, 2]. Створити такі умови практично можливо, якщо для балки на двох опорах, завантаженої рівномірно розподіленим навантаженням (рис. 1,в), максимальний прогонний момент $ql^2/8$ поділити на дві рівно-



а) б) в)

Рисунок 1 – Схеми балкових переходів

великі частини за величиною $ql^2/16$ (рис. 1,а). Незмінність отриманих опорних моментів на опорах А і В ($M_0 = ql^2/16$) в процесі експлуатації забезпечується моментами, створеними рівномірно розподіленим навантаженням на консолях довжиною x. За умовою рівноваги опорних моментів, викликаною навантаженням в прогоні та на консолі, можна записати рівняння

$$\frac{ql^2}{16} = \frac{qx^2}{2}, \qquad (1)$$

звідси довжина консолі x дорівнюватиме величині $x=0{,}354l$, відомій з [1], але визначеній за більш простою схемою.

Крім рівномірно розподіленого навантаження консоль зазнає дії зосередженої сили тиску від ваги половини довжини l_k компенсатора з одним коліном [1]. У нашому випадку згідно з новим фактом [3] консоль зазнає дії зосередженої сили тиску від ваги половини довжини l_φ перехідної ланки

$$F_\varphi = \frac{q\,l_\varphi}{2}. \qquad (2)$$

Враховуючи цей факт, рівняння (1) набуває вигляду

$$\frac{ql^2}{16} = \frac{qx^2}{2} + \frac{ql_\varphi x}{2}, \qquad (3)$$

звідси довжина консолі c дорівнює

$$c = x = -0{,}5l_\varphi + \sqrt{0{,}25l_\varphi^2{}_l + 0{,}125l^2}\,. \qquad (4)$$

Формула (4) за своєю структурою аналогічна формулі з роботи [1] за винятком використання довжини l_φ перехідної ланки замість довжини l_k компенсатора. Розрахункова сила тиску на консоль залежить також від ваги насипу на підземній частині перехідної ланки, просторове положення якої обумовлене кутом α нахилу до горизонту та коліном, зігнутим на кут φ [4]. Отже, дійсна розрахункова сила тиску на консоль дорівнює сумі сил тиску від ваги половини довжини перехідної ланки (2) та сили тиску від ваги насипу на її підземній частині $F_{g\varphi}$ [4]

$$F_{g\varphi} = \left(\frac{1}{\beta_\varphi^{\,2}} - \frac{1}{2\beta^3{}_\varphi}\right) q_g\, l_{p\varphi}\,, \qquad (5)$$

де: q_g - рівномірно розподілене погонне навантаження від насипу;

$$\beta_\varphi = 1 + \frac{l_{k\varphi}}{l_{p\varphi}};$$

$l_{k\varphi}$ - довжина надземної частини перехідної ланки при куті згину коліна φ;

$l_{p\varphi}$ - довжина підземної частини перехідної ланки.

Враховуючи силу тиску від ваги насипу $F_{g\varphi}$, рівняння (3) набуде вигляду

$$\frac{ql^2}{16} = \frac{qx^2}{2} + \left(\frac{ql_\varphi}{2} + F_g\right)x, \qquad (6)$$

тоді довжина консолі c дорівнюватиме

$$c = x = -\left(\frac{ql_\varphi}{2} + F_g\right)\frac{1}{q} + \frac{1}{q}\sqrt{\left(\frac{ql_\varphi}{2} + F_g\right)^2 + 0{,}125q^2l^2}\,. \qquad (7)$$

За умови $F_g = 0$ формула (7) набуває вигляду формули (4). Необхідно зауважити, що сила тиску від ваги насипу на консоль залежить від просторового положення перехідної ланки [4].

З опору матеріалів відомо, що у схемі переходу із защемленими кінцями (рис. 1,б) максимальний момент у прогоні дорівнює $\frac{ql^2}{24}$, а на опорах – $\frac{ql^2}{12}$. Тоді умова рівноваги моментів на опорах від навантаження в прогоні та навантаження на консолі буде аналогічною рівнянню (1)

$$\frac{ql^2}{12} = \frac{qx^2}{2}. \quad (8)$$

Звідси довжина консолі дорівнює $x = 0{,}408l$ [1,2]. Це свідчить, що рекомендації, запропоновані в [1,2] для визначення довжини консолі в схемах з багатьма прогонами, можуть застосовуватися і для балкових схем з одним прогоном із защемленими кінцями (рис. 1, б).

З врахуванням сили тиску на консоль від перехідної ланки (2) формула (8) набуде вигляду

$$\frac{ql^2}{12} = \frac{qx^2}{2} + \frac{ql_\varphi}{2}x, \quad (9)$$

тоді довжина консолі c дорівнюватиме

$$c = x = -0{,}5\,l_\varphi \pm \sqrt{0{,}25l_\varphi^2 + 0{,}167l^2}. \quad (10)$$

Ця формула за структурою аналогічна формулі, наведеній в [1,2], але коефіцієнт при другому доданку підкорінної суми більший на 0,006 (3,73%).

З врахуванням сили тиску на консоль від ваги насипу на підземній частині перехідної ланки рівняння (9) набуде вигляду

$$\frac{ql^2}{12} = \frac{qx^2}{2} + \left(\frac{ql_\varphi}{2} + F_g\right)x. \quad (11)$$

Звідси довжина консолі c буде дорівнювати

$$c = x = -\left(\frac{ql_\varphi}{2} + F_g\right)\frac{1}{q} \pm \pm\frac{1}{q}\sqrt{\left(\frac{ql_\varphi}{2} + F_g\right)^2 + 0{,}167q^2l^2}. \quad (12)$$

Формула (12) враховує всі факти, що явно впливають на величину зосередженої сили тиску на консоль балкового переходу. Вона не враховує лише температурний вплив та можливі неточності при визначенні товщини шару насипу на підземній частині перехідної ланки.

Висновки

Удосконалений метод дозволяє отримати розрахункову зосереджену силу тиску на консоль, яка за своєю величиною відповідає дійсній величині сили тиску в балковому переході.

Кінематичний аналіз розрахункових схем балкових переходів показав, що розрахункова схема з одним прогоном і двома консолями є нежиттєздатною, оскільки поява пластичних шарнірів у трьох перерізах, де діють рівні за величиною моменти в прогоні та на опорах, перетворює систему на геометрично змінну - в механізм. Схема із защемленими кінцями на крайніх опорах є більш безпечною. Поява пластичних шарнірів на опорах, де діють опорні моменти, більші від прогонного, перетворює схему на статично визначену, що є безпечною для експлуатації.

Оскільки довжина консолі залежить від крайніх опорних моментів, то числове значення опорних моментів на крайніх опорах можна регулювати зміною довжини крайніх прогонів, довжина яких при розрахунку може бути більшою, меншою або рівною довжині проміжних прогонів. Коли опорні моменти неможливо урегулювати довжиною прогонів, то, виходячи із вихідних умов, добирають довжину консолі. Спочатку розраховуються крайні опорні моменти, виходячи із рівномірно розподіленого навантаження на консолі зосередженої сили тиску та її довжини, а потім проміжні опорні моменти - за правилами будівельної механіки.

В результаті дослідження виявлено відсутність способів вирівнювання опорних моментів у багато прогонних балкових переходах газонафтопроводів через перешкоди, що потребує подальших досліджень.

Література

1 Петров И.П. Надземные консольные переходы / И.П. Петров, В.В. Спиридонов // Строительство трубопроводов. – 1961. – № 2. – С.6-10.

2 Камерштейн А.Г. Расчет трубопроводов на прочность / А.Г.Камерштейн, В.В. Рождественский, М.И.Ручинский. – М.: Недра,1969. – С. 334–336.

3 Шлапак Л.С. Уточнення вертикальної сили тиску на консоль балкового переходу компенсатором з коліном, зігнутим на 90^0 / Л.С. Шлапак, Л.М Гайдаш., М.Л Гайдаш // Науковий вісник ІФНТУНГ. – 2010. – №3 (25). – С. 86–90.

4 Гайдаш Л.М. Удосконалення відомого метода розрахунку вертикальної сили тиску на консоль балкового переходу / Л.М. Гайдаш // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2010. – №3 (36). – С. 47–52.

Стаття надійшла до редакційної колегії 15.08.11
Рекомендована до друку професором ***В.Я. Грудзом***