

ОЦІНКА МІЦНОСТІ НАДЗЕМНИХ ПЕРЕХОДІВ МАГІСТРАЛЬНИХ ГАЗОПРОВОДІВ ПРИ ОБСЛУГОВУВАННІ ОПОРНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

О Кичма А.О., Гелетій В.М., Новіцький Я.М., 2011

Розглянуто методику комп'ютерного моделювання напружено-деформованого стану надземних переходів магістральних газопроводів при їх підйомі над опорами під час робіт з обслуговування опорних елементів таких переходів за різних експлуатаційних умов.

The methods of computer design of the tensely-deformed state of above-ground transitions of main gas pipelines are considered at their getting up above supports at conducted works on maintenance of supporting elements of such transitions at different operating terms.

Постановка проблеми та аналіз відомих досліджень і публікацій. Як відомо [2], корозійні процеси в конструкціях балкових переходів магістральних газопроводів (МГ) відбуваються в місцях контакту конструктивних елементів опор переходу із трубопроводом. Щоб виявити джерела корозії та усунути їх, необхідно підняти трубу 1 балкового переходу (рис. 1) над опорою 2. Сьогодні розроблені технології для візуального виявлення та усунення корозійних дефектів [2], а також впроваджено відповідні [3] технічні засоби для піднімання труб наземних переходів МГ над їхніми опорами.

Постановка задачі. Суть проблеми полягає у визначенні максимально допустимої висоти підйому трубопроводу над його опорою, адже оглядові, а тим більше ремонтні роботи можна здійснити лише за певного її значення, як правило, 100–150 мм. Проблема ускладнюється ще й тим, що такі роботи виконують без припинення подавання газу, у кращому випадку можливе лиш деяке зменшення його тиску (≈ 3.5 МПа). Тому належна попередня оцінка напружено-деформованого стану трубопроводу під час таких його маніпуляцій є першочерговим завданням, мета якого – визначити можливість таких робіт взагалі.

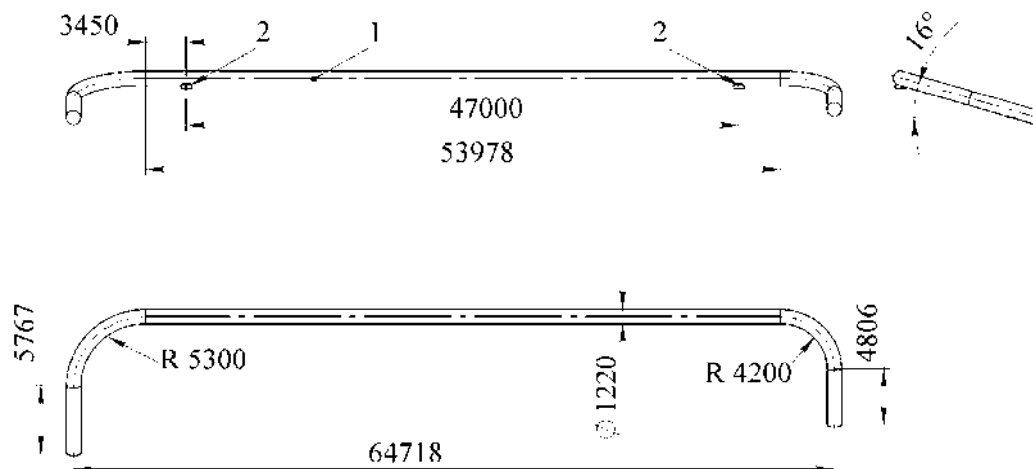


Рис. 1. Схема балкового переходу МГ "Іванцевичі – Долина III нитка" через р. Західний Буг (М 1:500)

Основний матеріал. Для визначення напружень у лінійній ділянці трубопроводу розроблено методики, за основу яких взято СНіП [4], де еквівалентні (сумарні) напруження визначають за формулою:

$$s_{\Sigma} = \sqrt{s_{\kappa\kappa}^2 + s_n^2 - s_{\kappa\kappa} \cdot s_n} \leq [s]; \quad (1)$$

де $s_{\kappa\kappa}$ – кільцеві напруження в трубопроводі від дії внутрішнього тиску; s_n – поздовжні напруження в трубопроводі від дії внутрішнього тиску, температурного перепаду та пружного згину трубопроводу.

Кільцеві напруження визначають за формулою:

$$s_{\kappa\kappa} = \frac{pD_{\text{вн}}}{2\delta}; \quad (2)$$

де p – внутрішній тиск у трубопроводі; $D_{\text{вн}}$ – внутрішній діаметр трубопроводу; δ – товщина стінки трубопроводу.

Поздовжні напруження визначають як:

$$s_n = \mu s_{\kappa\kappa} - \alpha E \Delta t \pm s_{\text{зг}}; \quad (3)$$

де μ – коефіцієнт Пуассона; α – коефіцієнт температурного розширення металу труби; E – модуль пружності металу труби; Δt – температурний перепад; $s_{\text{зг}}$ – напруження від пружного згину трубопроводу.

Як відомо, балкові переходи МГ виконують над річками у вигляді П-подібних або L-подібних просторових конструкцій, основне призначення яких – компенсація температурних деформацій. Нагріваючись, трубопровід видовжується, а охолоджуючись – скорочується. Тому напруження, викликані температурними деформаціями П-подібного трубопроводу, будуть дещо іншими (меншими), ніж були би у випадку прямолінійного переходу. Для цього, власне, ці компенсатори й існують.

Однак, як показує аналіз формул (1–3), вплив компенсатора під час визначення напружено-деформованого стану трубопроводу переходу МГ за цими формулами не враховується.

Це, на нашу думку, свого часу було викликано як певними труднощами розрахунку криволінійних ділянок трубопроводів, так і тим, що неврахування цього впливу лише збільшує запас міцності трубопроводу переходу МГ, що само по собі дуже добре. У нашому ж випадку, коли необхідно визначити максимальну величину підйому трубопроводу над опорою, незнання величини цього запасу може спричинити прийняття хибного рішення про неможливість ремонту переходу МГ без припинення газопостачання, що призведе до значних фінансових втрат через процедури, зв'язані з припиненням газопостачання.

Спробуємо оцінити, який саме запас міцності не враховується під час визначення напружень в трубопроводі за цією методикою. Для цього виберемо реальний перехід через р. Західний Буг, а саме III нитку МГ "Іванцевичі – Долина". Перехід зображено на рис. 1. Товщина стінки труби – 15 мм. Матеріал – сталь 17Г1С; $\mu=0,28$. Розрахунки виконаємо як за цією методикою, так і за допомогою методу скінченних елементів (МСЕ) з моделюванням переходу в програмному середовищі SolidWorks Simulation [1] за такими даними: внутрішній тиск газу $p = 3,5$ МПа; температурний перепад $\Delta t = 50^\circ\text{C}$, на перехід діє сила земного тяжіння. Геометричні розміри переходу подано на рис. 1.

Тоді згідно з формулою (2):

$$s_{\kappa\kappa} = \frac{3,5 \times 10^6 \cdot 1,19}{2 \cdot 0,015} = 139 \text{ МПа}.$$

Поздовжня складова від дії кільцевих напружень визначиться за формулою (3):

$$\mu s_{\kappa\kappa} = 0,28 \cdot 139 = 39 \text{ МПа}.$$

Напруження, викликані температурним перепадом (3):

$$\alpha E \Delta t = 12 \times 10^{-6} \cdot 2,1 \times 10^5 \cdot 50 = 126 \text{ МПа}.$$

Визначення напружень згину аналітичним методом є дещо громіздким і, для стислості, визначимо ці напруження за допомогою МСЕ у середовищі SolidWorks Simulation. Вигляд хронограми напружень наведено на рис. 2. Дослідження хромограми вказують, що максимальні напруження від пружного згину прямолінійної ділянки трубопроводу становлять 36 МПа.

Аналогічно визначимо напруження у трубопроводі переходу від дії температурного перепаду. Вигляд хронограми напружень зображено на рис. 3.

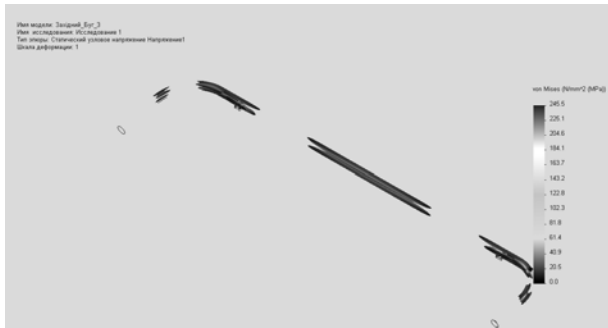


Рис. 2. Згинальні напруження у трубопроводі балкового переходу МГ

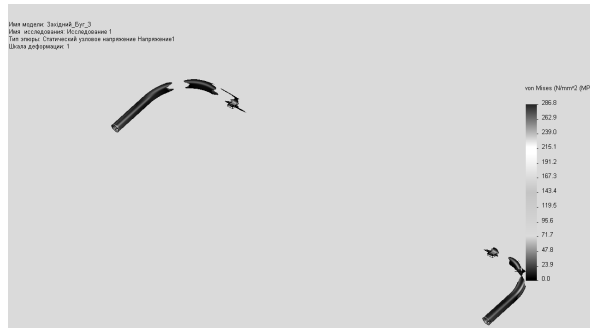


Рис. 3. Напруження в трубопроводі балкового переходу МГ від дії температурного перепаду

Дослідження хромограми вказують, що максимальні напруження від температурного перепаду прямолінійної ділянки трубопроводу становлять 15 МПа.

На рис. 4 наведено хромограму осевих переміщень балкового переходу МГ з урахуванням одночасної дії на нього всіх вищеперелічених факторів, а саме: гравітації, тиску та температурного перепаду. Ця хромограма наочно демонструє роботу компенсатора температурних деформацій. Як видно із рис. 4, права (менша) криволінійна ділянка змістилася праворуч на 18,9 мм, а ліва (дещо більша) – ліворуч на 28 мм. Тобто лінійна частина трубопроводу під впливом температурного перепаду величиною 50 °С видовжилася майже на 5 см. Щодо поперечних переміщень трубопроводу, то вони викликані температурним перепадом і внутрішнім тиском.

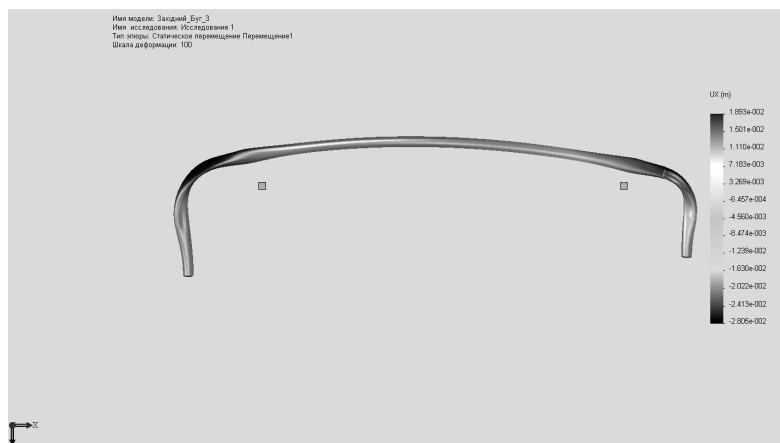


Рис.4. Переміщення трубопроводу за одночасного впливу всіх факторів

Маючи значення всіх складових, що входять до формули (3), визначимо поздовжні напруження з урахуванням роботи компенсатора і без нього.

$$39 - 15 \pm 36 = 60 \text{ (-12) МПа – з урахуванням роботи компенсатора;}$$

$$39 - 126 \pm 36 = -51 \text{ (-123) МПа – без урахування роботи компенсатора.}$$

Отже, з урахуванням роботи компенсатора, максимальне поздовжнє напруження трубопроводу переходу є напруженням стиску і воно дорівнює 60 МПа; без врахування – напруження вдвічі більше (123 МПа) і набуває характеру розтягу.

Підставивши значення поздовжніх напружень у формулу (1), знайдемо сумарні напруження:

$$s_{\Sigma 1} = \sqrt{139^2 + 60^2 - 139 \cdot 60} = 121 \text{ МПа};$$

$$s_{\Sigma 2} = \sqrt{139^2 + 12^2 + 139 \cdot 12} = 145 \text{ МПа};$$

$$s_{\Sigma 3} = \sqrt{139^2 + 51^2 + 139 \cdot 51} = 170 \text{ МПа};$$

$$s_{\Sigma 4} = \sqrt{139^2 + 123^2 + 139 \cdot 123} = 227 \text{ МПа}.$$

Як видно із аналізу, максимальні сумарні напруження трубопроводу переходу МГ з урахуванням роботи температурного компенсатора становлять 145 МПа, а без врахування – 227 МПа, тобто на 57 % більше.

Висновки. Одержані результати підтверджують необхідність аналізу напружено-деформованого стану надземних переходів магістральних газопроводів при підйомі опор для обслуговування опорних елементів. Адже, виконуючи розрахунок напружень в цьому трубопроводі за перелічених вище навантажень порівняно з методикою [4], ми одержали в півтора раза вищі напруження, що, безумовно, істотно впливає на величину допустимого підйому трубопроводу. Тому під час аналогічних розрахунків слід враховувати податливість компенсатора. Для цього можна використати методики на основі МСЕ із застосуванням SolidWorks Simulation [1] або інші аналогічні програмні продукти.

1. Алямовский А.А. и др.. *SolidWorks 2007/2008. Компьютерное моделирование в инженерной практике.* – СПб.:БХВ-Петербург, 2008. – 1040 с. 2. Беккер М.В., Мандра А.С., Николаев В.О., Ксендзюк С.В. *Технологія ремонту повітряних переходів магістральних трубопроводів та методика її застосування // Інформаційний огляд ДК “Укртрансгаз”.* – 2004. – № 4 (28). – С. 5–6. 3. Савула С.Ф., Банахевич Ю.В., Зубик Й.Л., Кичма А.О., Новицький Я.М. *Спосіб ремонту ділянок трубопроводів, розташованих на колонах балкових переходів // Деклараційний патент України № 21540.* Опубл. в бюл. №3 від 15.03.2007. 2 с. 4. *Строительные нормы и правила. Магистральные трубопроводы.* СНиП 2.05.06-85. Государственный комитет СССР по делам строительства. – М., 1985.

УДК 629.114.5.001

Л.В. Крайник, М.Ф. Боднар*

ВАТ “Укравтобуспром”,

*Національний університет “Львівська політехніка”,

кафедра автомобілебудування

АЛГОРИТМ МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ АВТОБУСІВ У ТИПОВИХ ЇЗДОВИХ ЦИКЛАХ ТА ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ ЛІНІЙНОЇ ВИТРАТИ ПАЛИВА

© Крайник Л.В., Боднар М.Ф., 2011

Наведено алгоритми імітаційного моделювання руху автобусів II та III класів у типових приміському, міжміському та магістральному їздових циклах (тестах) для оцінки лінійних норм витрати палива та паливно-швидкісної характеристики.

There are presented algorithms of simulation drive of the II and III classes buses in a typical suburban, intercity and long way cycles (tests) to measure linear norms of fuel consumption.

Постановка проблеми. Найефективнішим методом оцінювання лінійних витрат палива Qs (л/100 км) в типових умовах експлуатації та визначення показників паливно-швидкісної характеристики усталеного руху є комп’ютерне моделювання, яке полягає в імітаційному проходженні