

при подземной разработке [Текст] / Э.А. Максимова // Сб. научных трудов Донбасского государственного технического университета. – Алчевск: ДонГТУ, 2013. – Вып. 40. - С. 65 - 69.

8. Лапина, Н.Н. Вещественный состав тонкодисперсной части донных отложений Северного Ледовитого океана [Текст] / Н.Н. Лапина // Геология дна океанов и морей. Новосибирск,: Наука. – 1964. – 150 с.

9. Максимова, Э.А. Разработка месторождений газовых гидратов на основе теплового воздействия на залежь [Текст] / Э.А. Максимова // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. – Кременчук, 2015. - Вип. 2/2015 (91). - С. 90 - 95.

Статья поступила в редакцию 10.03.16 г.

УДК 622.807

С.М. Стовпник, к.т.н, доц., **С.В. Зайченко**, д.т.н, доц., **О.О. Вовк** д.т.н., проф., **А.М. Городиская** (НТУУ «КПІ»)

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПРОТЯГУВАННЯ ПОЛІЕТИЛЕНОВОЇ ОБОЛОНКИ ПРИ РЕКОНСТРУКЦІЇ КОЛЕКТОРА

S.M. Stovpnyk, S.V. Zaichenko, O.O. Vovk, A.M. Horodyskaia (National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute»)

INVESTIGATION THE PROCESS OF DRAWING A POLYETHYLENE MEMBRANE DURING RECONSTRUCTION COLLECTOR

Досліджено процес протягування циліндричної поліетиленової оболонки при реконструкції колекторів закритим типом. Встановлено значення розподілу напружень поздовж елементів конструкції колектора. Доведено, що виникаючі зусилля у конструкції можуть призвести до руйнування, як оболонки так існуючого колектора. Запропоновано нові технологічні заходи, які дозволяють запобігти пошкодження елементів конструкції колектора при проведенні реконструкції.

Ключові слова: колектор; протягування; поліетиленова труба; напруження; реконструкція.

Исследован процесс протягивания цилиндрической полиэтиленовой оболочки при реконструкции коллекторов закрытым способом. Установлено значение распределения напряжений вдоль элементов конструкции коллектора. Доказано, что возникающие усилия в конструкции могут привести к разрушению, как оболочки так существующего коллектора. Предложены новые технологические мероприятия, которые позволяют предотвратить повреждение элементов конструкции коллектора при проведении реконструкции.

Ключевые слова: коллектор; протягивания; полиэтиленовая труба; напряжения; реконструкция.

The process of drawing cylindrical plastic shell collectors in the reconstruction of the closed type. Set stress distribution slit structural elements of the collector. Proved that arise in the design effort can lead to destruction as the shell so the current collector. The new technological measures that allow to prevent damage to structural elements of the collector during the reconstruction.

Key words: collector; drawing; plastic pipe; tension; reconstruction.

Актуальність роботи. Збільшення обсягів будівництва тунелів різного призначення в мегаполісах у складних інженерно-геологічних умовах викликає необхідність в розробці нових і вдосконаленні діючих технологій їх спорудження. Складова частина цієї проблеми - реконструкція підземних будівель та споруд спеціального призначення, яка дозволяє використовуючи новітні методи реконструкції, зменшення ціни засобів, що використовуються у даному процесі, підвищити ефективність використання об'єктів або зменшити витрати при експлуатації споруд. Серед об'єктів спеціального призначення, що експлуатуються в крупних містах України понад 50 років поспіль і потребують негайного відновлення є колектори.

Основним способом відновлення колекторів є протягування поліетиленової оболонки(труби) з можливою її обробкою, що передує і закінчує. Серед методів реконструкції трубопроводів при різнопрофільному закладанні розрізнять: закритий спосіб(санація), релейнінг, протягування ПЕ труби холодним способом технологія «СУБЛАЙН», протягування попередньо стиснутої труби за технологією «РОЛЛДАУН» та ін.

Основною проблемою при проведенні даного типу робіт є протаскування поліетиленової оболонки (плети) через простір утворений колектором при якому виникають критичні зусилля в елементах конструкції, які призводять до руйнування, як існуючого колектора так нової поліетиленової труби. Данні обставини потребують створення методики розрахунку, яка дозволила прогнозувати виникаючі зусилля при проведенні реконструкції колектора з метою запобігання руйнування елементів конструкції.

Заслужують уваги роботи вітчизняних і іноземних науковців [1-6], в яких розглянуті технологічні, технічні та організаційні рішення ремонту та відновлення трубопроводів, прокладених на невеликій і значній глибині. Данні дослідження підкреслюють важливість збереження від руйнування елементів конструкцій колектора від суттєвих виникаючих зусиль при протягування, що підкреслює актуальність виконаних досліджень.

Мета роботи – визначити розподіл сил і напружень які виникають під час проведення реконструкції колектора методом протягування циліндричної оболонки, що дозволить запобігти руйнуванню елементів конструкції шляхом проведення спеціальних технологічних заходів.

Результати досліджень. Для встановлення розподілу напружень які виникають у елементах конструкції колектора під час проведення ремонтних робіт розглянемо взаємодію поліетиленової оболонки з елементами конструкції, що реставрується (рис. 1). Розглянемо випадок кінцевого етапу протягування труби оскільки саме на даному етапі очкуються найбільші виникаючі зусилля. В стані спокою на трубу діє сила ваги, яку можна представити розподіленням

навантаженням q . В результаті нахилу α колектора до горизонту внаслідок різності рівня залягання h з його сторони виникають нормальна p_x і дотична τ_x реакція:

$$q = p_x + \tau_x. \quad (1)$$

Нормальна p_x і дотична τ_x реакція пов'язані між собою наступними виразами:

$$p_x = q \cos(\alpha) \quad (2)$$

$$\tau_x = q \sin(\alpha) \quad (3)$$

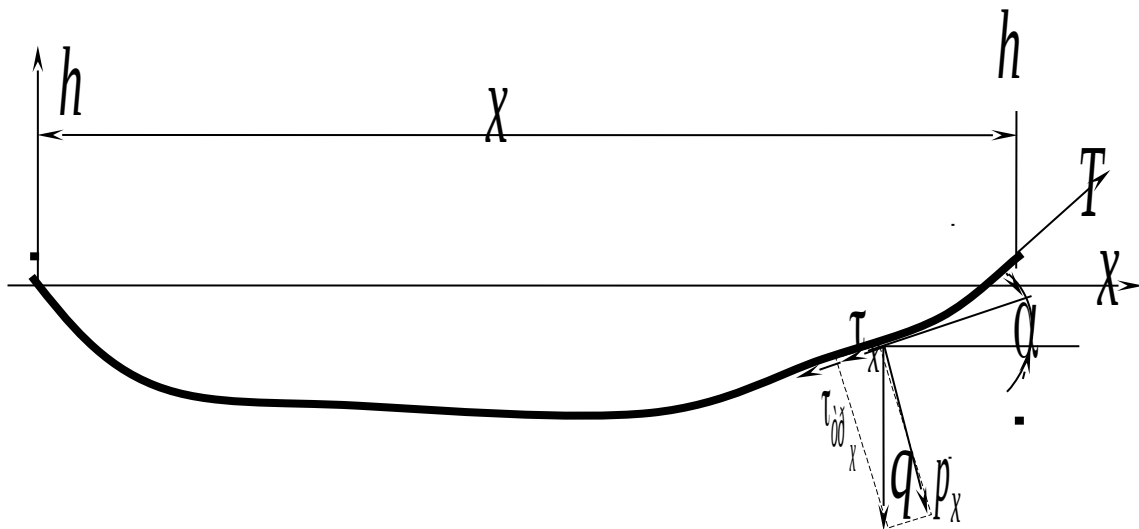


Рис. 1. Розрахункова схема визначення сил при реконструкції колектора

При здійсненні протягування між колектором, що відновлюється і поліетиленовою трубою виникає сила тертя $\tau_{\delta\delta_x}$ яка пропорційна нормальному тиску і коефіцієнту тертя поліетилену по матеріалу з якого виготовлено внутрішню поверхню колектора:

$$\tau_{\delta\delta_x} = \mu p_x. \quad (4)$$

Також при протягуванні труба огинає закруглення, що призводить до появи ефекту подібному тертю нерозривної гнучкої нитки, яка огинає криволінійну поверхню (Ейлер, 1725р.). Дана складова, яка направлена проти руху оболонки описується наступною залежністю:

$$\tau_e = \frac{2T_x \mu}{R_x} \quad (5)$$

де T_x - натяг у точці оболонки з координатою x ; R_x - радіус кривизни колектора:

$$R_x = \frac{(\sqrt{1+(f'(x))^2})^3}{|f''(x)|}, \quad (6)$$

де $f(x)$ - функція, яка описує геометрію залягання колектора; x - довжина проекції колектора труби на горизонтальну площину.

На рис. 2 наведено профіль залягання одного з колекторів, я який планується реконструювати. Функція $f(x)$, яка описує геометрію залягання колектора визначається шляхом поліноміальної інтерполяції:

$$f(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3 + a_4x^4 + a_5x^5 \dots = \\ = 0.96 - 1.182x + 3.596 \cdot 10^{-3}x^2 - 3.248 \cdot 10^{-6}x^3 - 9.02 \cdot 10^{-10}x^4 + 1.672 \cdot 10^{-12}x^5 \quad (7)$$

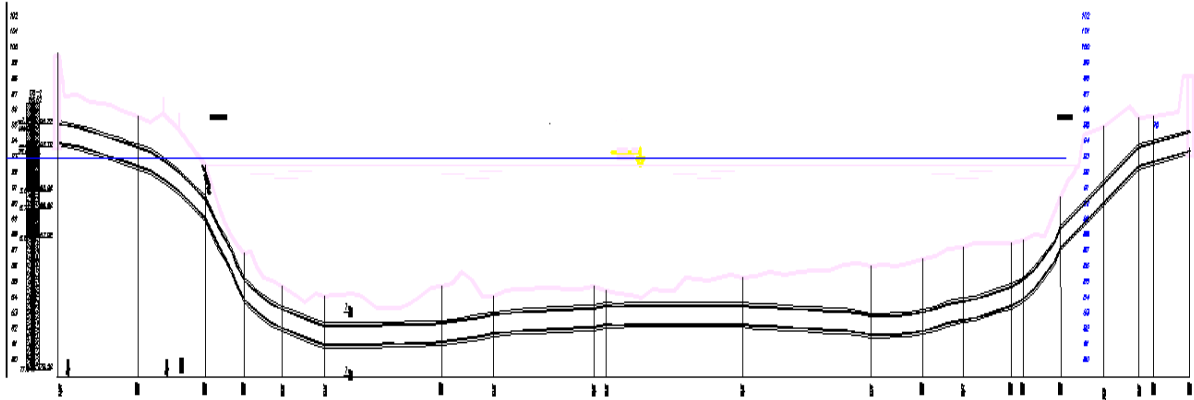


Рис. 2. Профіль залягання дюкеру

Сума опорів руху поліетиленової оболонки на ділянці довжиною dl :

$$dT_x = \tau_x dl + \tau_{mp_x} dl + 2T_x \mu \frac{dl}{R_x}. \quad (8)$$

Знайдемо прирощення по довжині dl з залежності визначення довжини кривої в дека ротових координатах:

$$dl = \sqrt{1+(f'(x))^2} dx. \quad (9)$$

Після підстановки в вираз (2-7) і (9) в (8) і перетворень, прийнявши припущення (при $\alpha \in (0; \pi/6), \sin(\alpha) = \text{tg}(\alpha) = f'(x)$) отримаємо диференціальне рівняння розподілу повздовжнього натягу плети по довжині проекції колектора труби на горизонтальну площину з врахуванням сили ваги і сил тертя:

$$\frac{dT_x}{dx} = \frac{q(f'(x) + \mu \sqrt{1-(f'(x))^2}) \sqrt{1+(f'(x))^2}}{1 - \frac{2\mu}{(\sqrt{1+(f'(x))^2})^3} \frac{1}{|f''(x)|}}. \quad (10)$$

Початковими умовами рішення диференціального рівняння є зусилля в трубі на початку колектора і координата. При відсутності продавлювання, початкові умови:

$$x = 0; T(0) = 0.$$

Рішення диференціального рівняння 10 представлено у вигляді графіку рис. 3. З графіку можливо зробити висновок, що різну інтенсивність зростання сили натягу поздовж колектора. Найбільша інтенсивність зростання повздовжнього натягу плети виникає на ділянці де присутні вигини колектора.

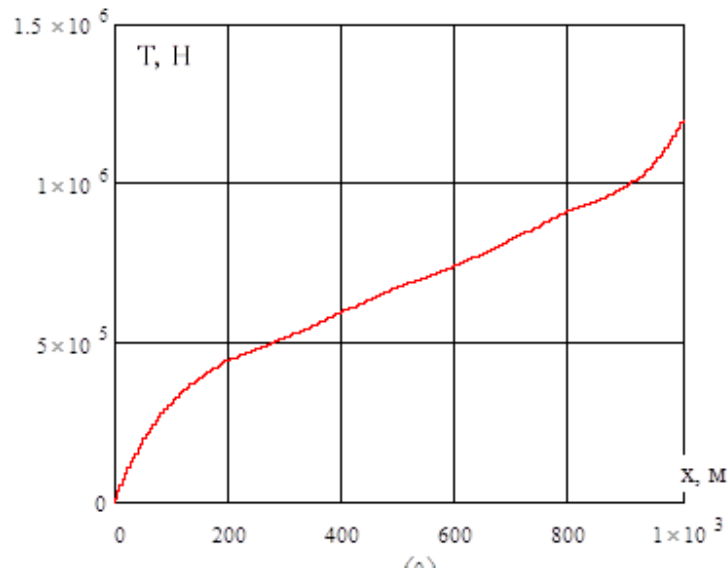


Рис. 3. Розподіл повздовжнього натягу плети по довжині проекції колектора труби на горизонтальну площину

Розрахунки проведені для поліетиленової труби зовнішнім діаметром 1000 мм і товщиною труби 50 мм, яка витримує зусилля на розрив $1,193 \times 10^6$ Н при розрахунковому значенні $1,203 \times 10^6$ Н, що приведе до руйнування полімерної оболонки. Також суттєва нормальна складова тиску призведе до критичних деформацій з точки зору початкового проектного стану колектора і можливого руйнування. Для запобігання прогресу руйнування необхідно провести ряд технологічних операцій, які зменшать виникаючий натяг. Так при здійсненні підпору величиною 2×10^4 Н кінцевий натяг зменшиться до $1,183 \times 10^4$ Н, що достатньо для запобігання руйнуванню поліетиленової труби.

Висновки

Проведений аналіз технологій процесу відновлення колекторів свідчить про необхідність врахування можливих ризиків руйнування елементів конструкції колекторів від виникаючих зусиль при протягуванні.

Розроблена модель процесу взаємодії полімерної оболонки з елементами колектора, що дозволяє прогнозувати виникаючі зусилля, що дозволить в випадку виникнення критичних зусиль запобігти руйнуванню елементів конструкції шляхом проведення спеціальних технологічних заходів.

В якості необхідного технологічного прийому, який дозволить зменшити зусилля протягування і запобігти руйнуванню елементів конструкції колектора виступає підпір на початковій ділянці.

Список використаних джерел

1. Гончаренко, Д. Ф. Ремонт и восстановление канализационных сетей и сооружений [Текст] / Д. Ф. Гончаренко, И. В. Коринько. - Х. : Рубикон, 1999. - 368 с.

2. Stein, D. Instandhaltung von Kanalisationen [Текст] / D. Stein. - Berlin: Ernst, 1998. - 940 p.
3. Dinkelacker, A. Verhinderung von Ablagerungsbildungen in Schmutzwasserkanalen durch Wulstkugeln [Текст] / A. Dinkelacker // Band I. Dokumentation 1. Internationaler Kongreß Leitungsbau, Hamburg, 1987. - P. I/851-I/860.
4. Lang, H.-J. Bodenmechanik und Grundbau [Текст] / H.-J. Lang, J. Huder, P. Amann, A.M. Puzrin // Springer, 2007. - 336 p.
5. Horstmann, J. Geokunststoffe im Rohrleitungsbau [Текст] / J. Horstmann, P. Pfannenschmidt // Erd und Grundbau, 2002. - P. 29-33.
6. Winkler, U. Druckrohrleitung in Buxtehude nach Hamburg [Текст] / U. Winkler. - Wasserwirtschaft, 2003. - P. 44-46.

Стаття надійшла до редакції 14.03.2016 р.