

Техніка і технології

УДК 622.692.4

DOI: 10.31471/1993-9973-2018-2(67)-12-18

РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ БЕЗТРАНШЕЙНОЇ РЕКОНСТРУКЦІЇ ТРУБОПРОВІДНИХ КОМУНІКАЦІЙ ОЧИСНИМ ПОРШНЕМ

¹Я. В. Дорошенко, ²К. А. Поляруш, ¹В. Б. Запхляк

¹ІФНТУНГ; 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42157,
e-mail: g n p s @ n i n g . e d u . u a

²ПАТ "Київенерго" СВП "Київські Теплоі Мережі" РТМ "Печерськ";
01103, м. Київ, вул. Товарна, 1, тел. (044) 529-88-75,
e-mail: pubrel@kievenergo.com.ua

Обґрунтовано доцільність реконструкції трубопроводних комунікацій українських міст безтраншейними технологіями. Описано технологію безтраншейної реконструкції протягуванням поліетиленової труби меншого діаметра у зношеній сталевій трубопроводі – метод "труба в трубі". Наведено переваги цього методу. Здійснено аналіз можливостей існуючих тягових засобів для виконання таких робіт. Розроблено технологію безтраншейної реконструкції трубопроводних комунікацій протягуванням нового поліетиленового трубопроводу в зношеній сталевій очисним поршнем. До очисного поршня штангою кріпиться ділянка нового поліетиленового трубопроводу. Поршень рухається під тиском повітря, яке подається в запоршневий простір компресором. Міжтрубний простір в робочому котловані герметизується ущільнювальною системою, яка хомутом або фланцем кріпиться до зношеного сталевого трубопроводу.

Виконано математичне моделювання процесу протягуванням трубопроводу очисним поршнем. Отримано залежності для розрахунку сил опору, які діють на рухоми систему, а саме, сили механічного тертя манжет поршня до стінок сталевого трубопроводу, сили тертя поліетиленової труби до сталевий, сили тертя поліетиленової труби в манжетах ущільнювальної системи. Отримано залежності, які дають змогу розрахувати необхідний тиск в запоршневому просторі, щоб поршень протягнув новий поліетиленовий трубопровод усією довжиною реконструйованого горизонтального чи похилого зношеного сталевий трубопроводу. За розрахунковим тиском в запоршневому просторі підбирають обладнання для виконання робіт.

Ключові слова: компресор, поліетиленова труба, протягування, сила тертя, ущільнювальна система.

Обоснована целесообразность реконструкции трубопроводных коммуникаций украинских городов по безтраншейным технологиям. Описана технология безтраншейной реконструкции путем протягивания полиэтиленовой трубы меньшего диаметра сквозь трубу изношенного стального трубопровода – метод "труба в трубе". Приведены преимущества этого метода. Проанализированы возможности существующих тяговых средств при выполнении таких работ. Разработана технология безтраншейной реконструкции трубопроводных коммуникаций протягиванием нового полиэтиленового трубопровода в изношенную стальную при помощи очистительного поршня. К очистительному поршню при помощи штанги крепится участок нового полиэтиленового трубопровода. Поршень движется под давлением воздуха, подаваемого в запоршневое пространство компрессором. Межтрубное пространство в рабочем котловане герметизируется уплотнительной системой, которая при помощи хомута или фланца крепится к изношенному стальному трубопроводу.

Выполнено математическое моделирование процесса протягивания трубопровода при помощи очистительного поршня. Получены зависимости для расчета сил сопротивления, действующих на подвижную систему, а именно силы механического трения манжет поршня о стенки стального трубопровода, силы трения полиэтиленовой трубы о стальную, силы трения полиэтиленовой трубы в манжетах уплотнительной системы. Получены зависимости, позволяющие рассчитать необходимое давление в запоршневом пространстве, при котором поршень может протянуть новый полиэтиленовый трубопровод по всей длине реконструированного горизонтального или наклонного изношенного стального трубопровода. По расчетному давлению в запоршневом пространстве подбирают оборудование для выполнения соответствующих работ.

Ключевые слова: компрессор, полиэтиленовая труба, протягивания, сила трения, уплотнительная система.

The expediency of reconstruction of pipelines of Ukrainian cities with trenchless technologies is substantiated. The technology of trenchless reconstruction by extending a smaller diameter polyethylene pipe into a worn steel pipe is described – the method of "pipe in a pipe". The advantages of this method are presented. The analysis of possibilities of existing traction means for carrying out of such works is carried out. The technology of trenchless reconstruction of pipeline communications by developing a new polyethylene pipeline into a worn steel cleaning pig has been developed. A section of a new polyethylene pipeline is attached to the cleaning pig by a barbell. The pig moves under the pressure of air, which is fed into the cavity space by the compressor. The inter-tubular space in the working trench is sealed with a sealing system, which is clamped by a clamp or flange to a worn steel pipeline.

The mathematical modeling of the process by pipeline drainage with a cleaning pig is executed. Dependences were obtained for the calculation of the resistance forces acting on the moving system, namely, the mechanical friction forces of the pig cuff to the walls of the steel pipe, the friction forces of the polyethylene pipe to the steel, the friction force of the polyethylene pipe in the cuffs of the sealing system. Dependences are obtained which allow us to calculate the required pressure in the cavity space so that the pig has dragged a new polyethylene pipeline all along the length of the reconstructed horizontal or sloping worn steel pipeline. Under the design pressure in the cavernous space, equipment is selected to perform work

Keywords: compressor, polyethylene pipe, stretching, friction, sealing system.

Вступ. В більшості міст України трубопроводні комунікації зношені на 60-90 %. Є велика кількість ділянок трубопроводів, які відпрацювали свій ресурс у два-три рази. Локальний ремонт таких комунікацій є марною тратою часу і коштів. Проблема масштабної реконструкції трубопроводних комунікацій в більшості великих міст України вже давно перезріла, свідченням чого є часті аварії, які призводять до втрати води з мереж тепло-, водопостачання, витоків природного газу з газових мереж, які можуть призводити до вибухів. Витоки води часто є причиною піднімання рівня ґрунтових вод, що призводить до зсуву ґрунтів, руйнування будівель та споруд, розмивання ґрунту під автодорогами, наслідком якого є провалювання автомашин у вимиті порожнини (рис. 1, а). Нерідко наслідком аварій мереж теплопостачання є фонтани води в містах (рис. 1, б). Фактично старі комунікації міст є постійною загрозою життю і здоров'ю мешканців міст – "мінами уповільненої дії", час і місце вибуху яких невідомі. В містах, де стан комунікацій незадовільний, доцільним є уникання місць просідання асфальту автодоріг, асфальту, бруківки тротуарів.

На сьогодні реконструкція трубопроводних комунікацій в Україні виконується повільно і зазвичай траншейними технологіями, які є надзвичайно ресурсомісткими і пов'язані з виконанням великих обсягів земляних робіт з перекиванням доріг, руйнуванням дорожнього полотна та зеленої зони, порушенням інфраструктури, благоустрою міст. Це вимагає збільшення витрат на відновлювальні роботи, ускладнює дорожній рух, спричинює соціальний дискомфорт. В таких країнах, як Великобританія, Німеччина, Скандинавські країни, США 95 % від загального обсягу робіт з реконструкції трубопроводних комунікацій виконується безтраншейними технологіями.

Безтраншейні технології реконструкції трубопроводів з протягуванням нової труби чи рукава, виготовлених з полімерних матеріалів, у зношений металевий трубопровід є найефективнішим та найрентабельнішим методом вирішення проблеми відновлення трубопроводних комунікацій. Перевагами безтраншейних технологій є:

- земляні роботи, зведені до мінімуму або взагалі відсутні;



а)

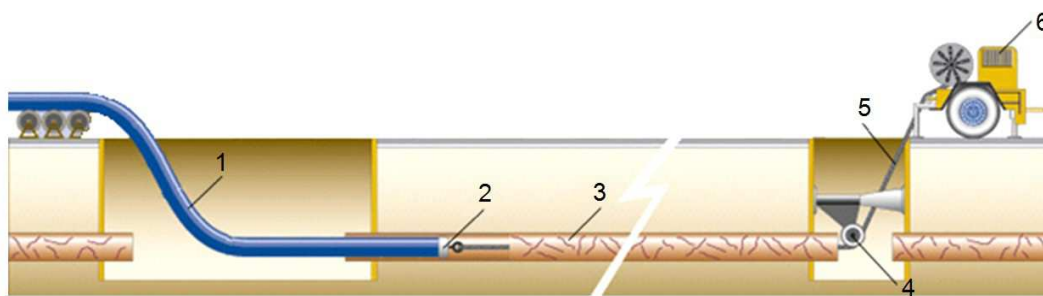


б)

а) провалювання автомашин у вимиті порожнину; б) фонтан води з водопроводу

Рисунок 1 – Наслідки аварій мереж теплопостачання

- використання вже існуючого каналу для прокладання комунікацій;
- відсутній ризик пошкодження сусідніх комунікацій;
- немає потреби зупиняти дорожній рух та відновлювати дорожнє покриття у разі реконструкції трубопроводів під автомобільними дорогами;
- зменшення часу виконання робіт;
- практично не відбувається забруднення довкілля;
- вартість реконструкції в 2-3 рази менша порівняно з траншейною, а час виконання робіт в 5-10 разів менший.



1 – новий поліетиленовий трубопровід; 2 – оголовок; 3 – зношений сталевий трубопровід;
4 – поворотний блок; 5 – тяговий трос; 6 – лебідка

Рисунок 2 – Схема протягування нового поліетиленового трубопроводу в зношений сталевий лебідкою, розміщеною на бровці приймального котловану

Безтраншейними технологіями реконструкції трубопроводних комунікацій займаються багато науковців, фірм. Одними з найактуальніших праць, присвячених безтраншейним технологіям, є [1-8].

Масштабність, висока вартість та жорсткі вимоги, які висуваються до ремонту та реконструкції трубопроводних комунікацій, вимагають вирішення складних науково-технічних задач, розроблення і впровадження ефективних, економічних безтраншейних технологій.

Одним з методів безтраншейної реконструкції трубопроводних комунікацій є протягування поліетиленової труби меншого діаметра в трубу зношеного сталевого трубопровода – метод “труба в трубі” (рис. 2). Поліетиленовий трубопровід в дефектний сталевий протягують тяговими засобами, якими можуть бути:

- лебідки;
- гідродомкратні установки;
- трактори, бульдозери, інша колісна техніка;
- статична установка Grundoburst.

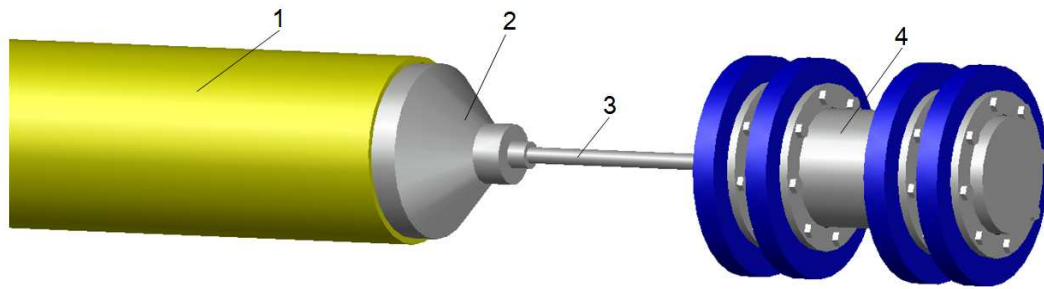
Для того, щоб протягнути поліетиленовий трубопровід тракторами, бульдозерами, тяговий трос виводять з приймального котловану, в який встановлюють систему поворотних блоків. Гідродомкратні установки, статичну установку Grundoburst розміщують в приймальному котловані.

Перед безтраншейною реконструкцією трубопроводів треба розробити приймальний котлован достатніх розмірів для розміщення тягових засобів або поворотних блоків, вирізати в ньому котушку труби та розмістити тягові засоби або поворотні блоки, прокласти в зношений сталевий трубопровід тяговий трос, очистити внутрішню порожнину зношеного трубопроводу протягуванням ним очисного поршня, ще раз прокласти тяговий трос, яким буде протягуватись новий поліетиленовий трубопровід. Все це вимагає багато часу і фінансових витрат. Також треба розробляти великий приймальний котлован, тож в ускладнених умовах цей метод застосувати надзвичайно складно.

Щоб усунути ці недоліки авторами розроблено технологію протягування нового поліетиленового трубопроводу в зношений сталевий очисним поршнем. До очисного поршня 4 штангою 3 за оголовок 2 кріпиться ділянка нового поліетиленового трубопроводу 1 (рис. 3).

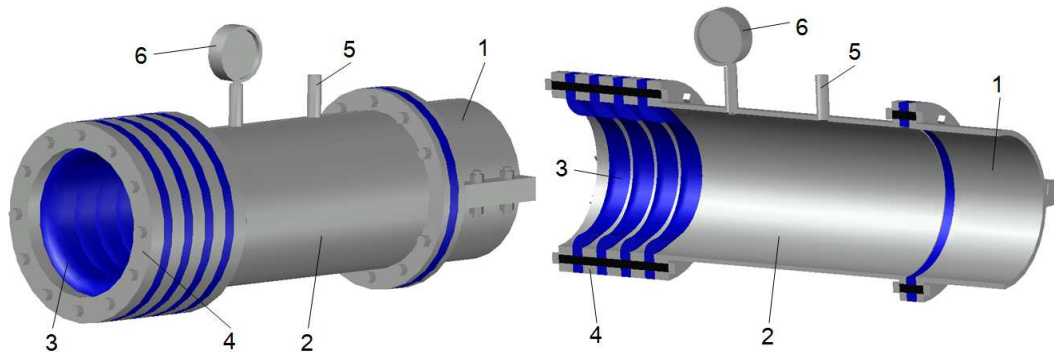
Щоб очисний поршень рухався сталевим трубопроводом, в запоршневий простір треба подавати під тиском повітря. При цьому, щоб в запоршневому просторі підтримувався необхідний тиск, треба герметизувати простір між новим поліетиленовим трубопроводом та зношеним сталевим. Для цього розроблено ущільнювальну систему (рис. 4), яку в робочому котловані або колодязі фланцем чи хомутом 1 треба прикріпити до торця зношеного сталевого трубопроводу. Міжтрубний простір ущільнюється кільцевими гумовими ущільненнями 3, які затискаються фланцями 4. Кільцеві гумові ущільнення 3 повинні герметизувати міжтрубний простір і не випускати з нього повітря та забезпечити можливість протягування нового трубопроводу зношеним. Тому їх внутрішня частина повинна бути вигнута у бік протягування. Тоді під тиском повітря в міжтрубному просторі вони будуть притискатись до стінки протягуваного нового трубопроводу. Кількість гумових ущільнень 3 залежить від тиску в міжтрубному просторі. Повітря подається від компресора, який приєднують до патрубку 5. Тиск в міжтрубному просторі вимірюється манометром 6.

На монтажному майданчику біля робочого котловану до початку протягуваного поліетиленового трубопроводу кріплять оголовок 2 та тягу 3 (рис. 3). Тоді поліетиленовий трубопровід з оголовком проштовхують в ущільнювальну систему крізь кільцеві гумові ущільнення. Після цього до прикріпленого до оголовка тягової штанги кріплять поршень. Поршень і ущільнювальну систему з проштовхнутим в неї початком нового поліетиленового трубопроводу поміщають в робочий котлован. В робочому котловані поршень запасовують у зношений сталевий трубопровід. Тоді до торця зношеного сталевого трубопроводу хомутом або фланцем кріплять ущільнювальну систему. До ущільнювальної системи приєднують компресор, яким починають закачувати повітря в простір між зношеним сталевим і новим поліетиленовим трубопроводом. Міжтрубним простором повітря надходить в запоршневий простір. Оскільки ущільнювальна система не випускає повітря з міжтрубного простору, то тиск за поршнем зростає. Поршень починає рухатись, затягуючи за собою новий поліетиленовий трубопровід в



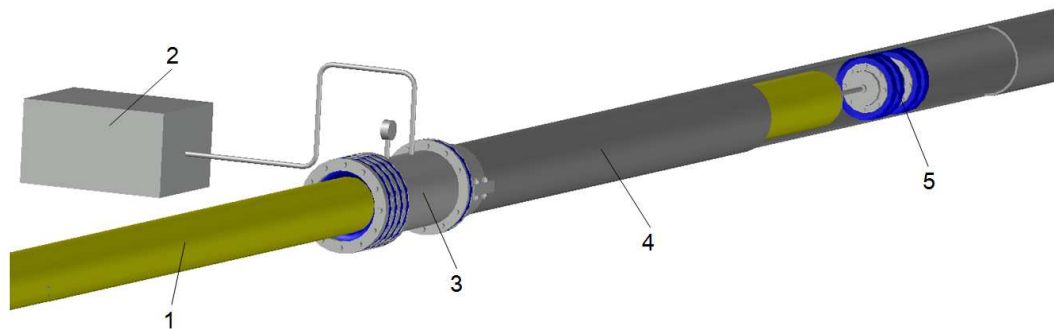
1 – поліетиленовий трубопровід; 2 – оголовок; 3 – тяга; 4 – очисний поршень

Рисунок 3 – Кріплення очисного поршня до протягнутого поліетиленового трубопроводу



1 – хомут; 2 – трубна котушка; 3 – гумові ущільнення; 4 – фланець; 5 – патрубок для приєднання компресора; 6 – манометр

Рисунок 4 – Ущільнювальна система



1 – протягнутий поліетиленовий трубопровід; 2 – компресор; 3 – ущільнювальна система; 4 – зношений сталевий трубопровід; 5 – поршень

Рисунок 5 – Протягування нового поліетиленового трубопроводу в зношений сталевий очисним поршнем

зношений сталевий (рис. 5). Під час протягування необхідно вимірювати довжину затягнутого в зношений сталевий трубопровід нового трубопроводу. Під час протягування відбувається очищення внутрішньої порожнини зношеного сталевого трубопроводу очисним поршнем.

Для підбору компресора треба розрахувати, яким повинен бути тиск в запоршневому просторі, щоб поршень з прикріпленим до нього поліетиленовим трубопроводом рухався. Створення і реалізація математичної моделі руху твердих тіл трубопроводами під тиском є складною задачею. Динаміку руху поршнів трубопроводами досліджували Saeidbakhsh M. [9], Tolmasquim S. [10], Liqiong C. [11], Грудз В.Я. [12-16], Грудз Я.В. [14-17]. Дослідниками трубопровідного транспорту газу розроблено методи побудови математичних моделей руху

поршня трубопроводом та загальні принципи їх реалізації. Однак досліджень динаміки руху поршня з прикріпленим до нього поліетиленовим трубопроводом не виконувалось.

Складні фізичні процеси тертя манжет поршня та прикріпленого до нього поліетиленового трубопроводу до стінок сталевого трубопроводу і зміна в часі основних технологічних параметрів процесу призводять до громіздких співвідношень між цими параметрами, що вимагає емпіричних побудов відповідних залежностей. Особливо ускладнюється моделювання процесу руху поршня трубопроводом у місцях підвищень або понижень траси. В таких місцях, на поршень і прикріплений до нього поліетиленовий трубопровід діє змінна за величиною і напрямом сила тяжіння, яка має вплив на кінематику руху.

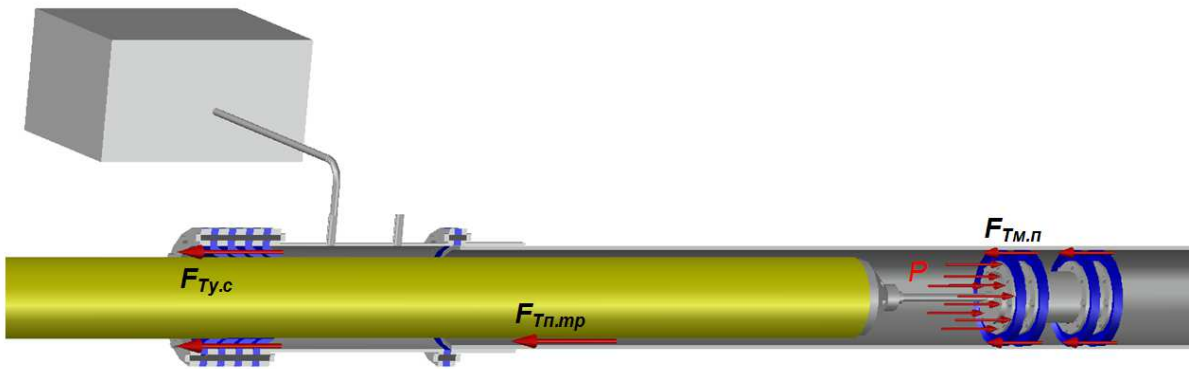


Рисунок 6 – Розрахункова схема протягування поліетиленового трубопроводу поршнем горизонтальною ділянкою трубопроводу

Рівнянням руху поршня з прикріпленням до нього поліетиленовим трубопроводом описується другим законом Ньютона

$$m_n \frac{dV_n}{dt} = \sum_{i=1}^n F_n, \quad (1)$$

де m_n – маса поршня;

V_n – швидкість руху поршня;

t – час;

$\sum_{i=1}^n F_n$ – сума сил, які діють на рухому систему.

Поршень з прикріпленням до нього поліетиленовим трубопроводом рухається під дією сили, яка спричинена тиском повітря P , що подається від компресора. До сил опору, які діють на рухому систему на горизонтальних ділянках траси, відноситься сила механічного тертя манжет поршня до стінок сталевго трубопроводу $F_{Tm.n}$, сила тертя поліетиленової труби до сталевго $F_{Tn.mp}$, сила тертя поліетиленової труби в манжетах ущільнювальної системи $F_{Ty.c}$ (рис. 6). Тоді сума сил, які діють на рухому систему, буде рівна

$$\sum_{i=1}^n F_n = P \frac{\pi D_{в.с}^2}{4} - F_{Tm.n} - F_{Tn.mp} - F_{Ty.c}, \quad (2)$$

де $D_{в.с}$ – внутрішній діаметр сталевго трубопроводу.

У разі рівномірного руху поршня

$$\sum_{i=1}^n F_n = P \frac{\pi D_{в.с}^2}{4} - F_{Tm.n} - F_{Tn.mp} - F_{Ty.c} = 0. \quad (3)$$

Сила механічного тертя манжет поршня до стінок сталевго трубопроводу

$$F_{Tm.n} = n_{m.n} f_{m.n} F_H, \quad (4)$$

де $n_{m.n}$ – кількість манжет поршня;

$f_{m.n}$ – коефіцієнт тертя ковзання гумових манжет поршня до стінок сталевго трубопроводу (залежить від швидкості руху ковзаючої пари (зменшується зі збільшенням швидкості), чистоти поверхні, її площі, сили притискання манжет до стінок трубопроводу, типу каучуку і знаходиться в діапазоні 0,5...0,7;

F_H – сила реакції.

Сила реакції F_H – це сила, яка виникає, коли гумові манжети поршня притискаються до стінок сталевго трубопроводу. Для розрахунку сили реакції запишемо закон Гука, за яким напруження, що виникають в манжетах поршня, рівні

$$\sigma = \epsilon E, \quad (5)$$

де ϵ – відносна деформація манжет поршня;

E – модуль пружності гуми ($E = 2 \text{ МПа}$).

Відносна деформація манжет поршня

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L}, \quad (6)$$

де L – радіус манжет поршня ($L = D_{m.n} / 2$, $D_{m.n}$ – діаметр манжет поршня до його запасування в трубопроводі);

ΔL – абсолютне стиснення манжет поршня, яке рівне

$$\Delta L = \frac{D_{m.n} - D_{в.с}}{2}. \quad (7)$$

Також відомо, що напруження, які виникають в манжетах поршня, рівні

$$\sigma = \frac{F_H}{S}, \quad (8)$$

де S – площа поперечного перерізу манжети поршня у напрямку дії сили

$$S = D_{в.с} h_m, \quad (9)$$

де h_m – товщина манжети поршня.

Тоді, підставивши (5), (6), (7) і (9) в (8), отримуємо

$$F_H = E h_m D_{в.с} \frac{D_{m.n} - D_{в.с}}{D_{m.n}}. \quad (10)$$

Підставивши (10) в (4), отримаємо формулу для розрахунку сили механічного тертя манжет поршня до стінок сталевго трубопроводу

$$F_{Tm.n} = n_{m.n} f_{m.n} E h_m D_{в.с} \frac{D_{m.n} - D_{в.с}}{D_{m.n}}. \quad (11)$$

Сила тертя поліетиленової труби до сталевго –

$$F_{Tn.mp} = f_{n.mp} q_{n.mp} L_{n.mp}, \quad (12)$$

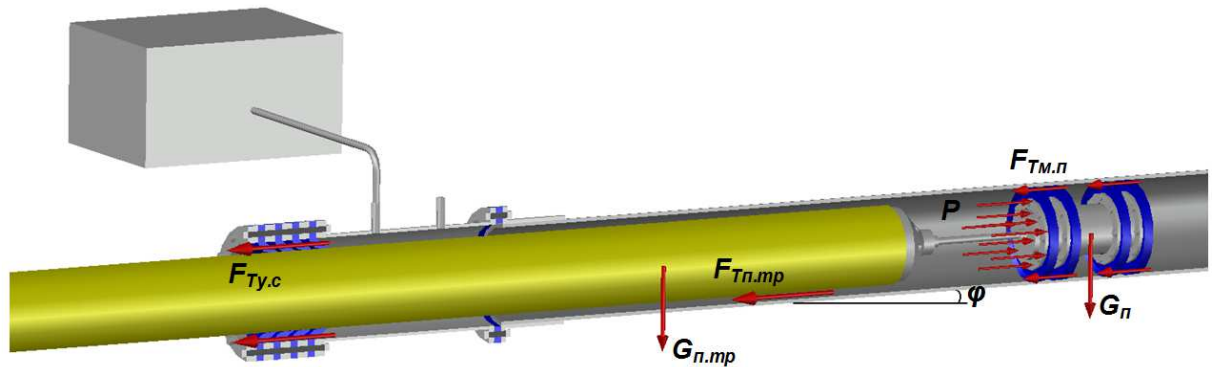


Рисунок 7 – Розрахункова схема протягування поліетиленового трубопроводу поршнем похилою ділянкою трубопроводу

де $f_{n.mp}$ – коефіцієнт тертя ковзання поліетилену до сталі (знаходиться в діапазоні $0,1 \dots 0,2$);

$q_{n.mp}$ – рівномірно розподілене навантаження від власної ваги поліетиленового трубопроводу;

$L_{n.mp}$ – довжина поліетиленової труби.

Рівномірно розподілене навантаження від власної ваги поліетиленового трубопроводу

$$q_{n.mp} = n_{\text{вв}} g \rho_n \frac{\pi(D_{\text{з.н}}^2 - D_{\text{в.н}}^2)}{4}, \quad (13)$$

де $n_{\text{вв}}$ – коефіцієнт надійності за навантаженням від власної ваги, $n_{\text{вв}} = 1,1$;

ρ_n – густина поліетилену;

$D_{\text{з.н}}$ – зовнішній діаметр поліетиленової труби;

$D_{\text{в.н}}$ – внутрішній діаметр поліетиленової труби.

Сила тертя поліетиленової труби в манжетах ущільнювальної системи –

$$F_{\text{Ty.c}} = n_{\text{м.у.с}} \pi D_{\text{з.н}} B P_{\text{к}} f_{\text{y.c}}, \quad (14)$$

де $n_{\text{м.у.с}}$ – кількість манжет в ущільнювальній системі;

B – ширина контакту манжети з поліетиленовим трубопроводом;

$P_{\text{к}}$ – контактний тиск, який виникає під час монтажу манжет, МПа ($P_{\text{к}} = 0,2 \dots 0,5$ МПа);

$f_{\text{y.c}}$ – коефіцієнт тертя поліетилену до гуми ($f_{\text{y.c}} = 0,1 \dots 0,13$).

Підставивши (11), (12), (14) в (3) отримаємо:

$$P \frac{\pi D_{\text{в.с}}^2}{4} - n_{\text{м.н}} f_{\text{м.н}} E h_{\text{м}} D_{\text{в.с}} \frac{D_{\text{м.н}} - D_{\text{в.с}}}{D_{\text{м.н}}} - \quad (15)$$

$$- f_{\text{n.mp}} q_{\text{n.mp}} L_{\text{n.mp}} - n_{\text{м.у.с}} \pi D_{\text{з.н}} B P_{\text{к}} f_{\text{y.c}} = 0.$$

Звідси необхідний тиск в запоршневому просторі, щоб поршень з прикріпленим до нього поліетиленовим трубопроводом рухався горизонтальним трубопроводом становить

$$P = \left\{ 4 \left(n_{\text{м.н}} f_{\text{м.н}} E h_{\text{м}} D_{\text{в.с}} \frac{D_{\text{м.н}} - D_{\text{в.с}}}{D_{\text{м.н}}} + \right. \right. \quad (16)$$

$$\left. \left. + f_{\text{n.mp}} q_{\text{n.mp}} L_{\text{n.mp}} + n_{\text{м.у.с}} \pi D_{\text{з.н}} B P_{\text{к}} f_{\text{y.c}} \right) \right\} \times \left\{ \pi D_{\text{в.с}}^2 \right\}^{-1}.$$

На похилих ділянках траси на поршень і прикріплений до нього поліетиленовий трубопровід діють значні гравітаційні сили (рис. 7). Причому, якщо на висхідних ділянках траси сила тяжіння спричиняє опір рухові поршню і прикріпленому до нього поліетиленовому трубопроводу – тобто є гальмівною силою – то на низхідних ділянках сила тяжіння є рухомою силою.

На похилих ділянках траси рівняння (3) матиме вигляд

$$\sum_{i=1}^n F_n = P \frac{\pi D_{\text{в.с}}^2}{4} - F_{\text{Tm.n}} - F_{\text{Tn.mp}} - F_{\text{Ty.c}} - \quad (17)$$

$$- G_n \sin \varphi - G_{\text{n.mp}} \sin \varphi = 0,$$

де G_n – сила тяжіння поршню;

$G_{\text{n.mp}}$ – сила тяжіння поліетиленового трубопроводу;

φ – кут нахилу сталевого трубопроводу до горизонту.

Сила тяжіння поршню

$$G_n = m_n g \sin \varphi, \quad (18)$$

де m_n – маса поршню;

m_n – маса поршню

Сила тяжіння поліетиленового трубопроводу

$$G_{\text{n.mp}} = q_{\text{n.mp}} L_{\text{n.mp}} \sin \varphi. \quad (19)$$

Звідси необхідний тиск в запоршневому просторі на похилих висхідних ділянках траси –

$$P = \left\{ 4 \left(n_{\text{м.н}} f_{\text{м.н}} E h_{\text{м}} D_{\text{в.с}} \frac{D_{\text{м.н}} - D_{\text{в.с}}}{D_{\text{м.н}}} + f_{\text{n.mp}} q_{\text{n.mp}} L_{\text{n.mp}} + \right. \right.$$

$$\left. \left. + n_{\text{м.у.с}} \pi D_{\text{з.н}} B P_{\text{к}} f_{\text{y.c}} + m_n g \sin \varphi + q_{\text{n.mp}} L_{\text{n.mp}} \sin \varphi \right) \right\} \times$$

$$\times \left\{ \pi D_{\text{в.с}}^2 \right\}^{-1}. \quad (20)$$

Висновки. Переваги безтраншейних технологій реконструкції трубопровідних комунікацій є очевидними і полягають в тому, що капітальні витрати знижуються всередньому на 40-50%, а продуктивність робіт збільшується в рази, що дає змогу підвищити темпи виконання робіт.

Розроблено технологію безтраншейної реконструкції трубопровідних комунікацій протягуванням нового поліетиленового трубопроводу в зношений сталевий очисний поршнем, який рухається під тиском повітря, що подається компресором в запоршневий простір. Запоршневий простір герметизований ущільнювальною системою в робочому котловані. Технічним результатом застосування розробленої технології є зменшення часу робочого процесу, зменшення обсягу земляних робіт, спрощення процесу протягування нового трубопроводу, зменшення витрат на реконструкцію та підготовчі роботи, забезпечення можливості застосування в ускладнених міських умовах. Виведено залежності, які дають змогу розрахувати необхідний тиск у запоршневому просторі, щоб поршень протягнув новий поліетиленовий трубопровід усією довжиною реконструйованого горизонтального чи похилого сталевих трубопроводу. За розрахованими значеннями тиску в запоршневому просторі підбирають компресор для виконання робіт.

Література

1 McKim A. R. Selection method for trenchless technologies [Text] / A. R. McKim // Journal of Infrastructure Systems, ASCE. – 1997. – vol. 3. – no. 3. – Pp. 119-125.

2 Allouche E. State-of-the-Art Review of No-Dig Technologies for New Installations [Text] / E. Allouche, S. Ariaratnam // Proceedings, Pipeline, ASCE Conference. – Reston. – 2002.

3 Catha S. An innovative new technology for trenchless rehabilitation of high pressure gas (liquid) transmission pipelines [Text] / S. Catha, R. Burke, M. Kanninen // Pipeline Technology Conference. – 2008.

4 Lueke S. J. Rehabilitation of underground infrastructure utilizing trenchless pipe replacement [Text] / S. J. Lueke, T. S. Ariaratnam // Practice Periodical on Structural Design and Construction, ASCE. – 2001. – vol. 6. – no. 1. – Pp. 25-34.

5 Elzink W. Lining with Plastics Pipes – Experiences from Europe [Text] / W. Elzink, J. Schuurmans // Trenchless Asia, ISTT Conference. – Singapore. – 1995.

6 Janflen A. Importance of lateral structural repair of lateral lines simultaneously with main line CIPP rehabilitation [Text] / A. Janflen // NO-DIG Sao Paulo (Brasil). – 2012.

7 Kutz G. E. Predicting I/I Reduction for Planning Sewer Rehabilitation [Text] / G. E. Kutz // Trenchless Pipeline Projects: Practical Applications. – New York: ASCE. – 1997. – Pp. 103-110.

8 Zwierzchowska A. Technologie bezwykopowej budowy sieci gazowych, wodociagowych i kanalizacyjnych [Text] / A. Zwierzchowska //

Politechnika swietokrzyska. – Kielce, 2006. – 180 p.

9 Saeidbakhsh M. Dynamic analysis of small pigs in space pipelines [Text] / M. Saeidbakhsh, M. Rafeeyan, S. Ziaei-Rad // Oil & Gas Science and Technology. – 2009. – Vol. 64. – No 2. – Pp. 155-164.

10 Tolmasquim S. Design and control of pig operations through pipelines [Text] / S. Tolmasquim, A. Nieckele // Journal of Petroleum Science and Engineering. – 2008. – Vol. 62. – No 3. – Pp. 102-110.

11 Liqiong C. Numerical study of being forced leather cap type pig in straight gas pipeline [Text] / C. Liqiong, Y. Li, X. Chen, Y. Zhan, M. Dang // Open Civil Engineering Journal. – 2016. – No 10. – Pp. 141-148.

12 Грудз В. Я. Керування режимом роботи газопроводу в період проведення профілактичних очищень [Текст] / В. Я. Грудз, В. Б. Михалків, В. В. Розгонюк, В. П. Рудко // Нафт. і газ. пром-сть. – 1998. – № 6. – С. 37-38.

13 Грудз В. Я. Аналітичні дослідження впливу профілю траси газопроводу на динаміку руху інтелектуальних поршнів [Текст] / В. Я. Грудз, В. Б. Михалків, В. В. Розгонюк, В. П. Рудко // Нафт. і газ. пром-сть. – 1999. – № 1. – С. 44-46.

14 Грудз В. Я. Математичне моделювання процесу руху інтелектуального поршня по газопроводу [Текст] / В. Я. Грудз., В. В. Бакаєв, Я. В. Грудз, Г. Розен // Нафтова і газова промисловість. – 2000. – №1. – С.46-47.

15 Грудз В. Я. Регулювання руху інтелектуального поршня зміною технологічної схеми лінійної ділянки / Грудз В. Я., Бакаєв В. В., Грудз Я. В., Розен Г. // Нафтова і газова промисловість. – 2001. – №1. – С.44-45.

16 Грудз В. Я. Регулювання руху інтелектуального поршня зміною технологічної схеми лінійної ділянки / В. Я. Грудз, В. В. Бакаєв, Я. В. Грудз, Г. Розен // Нафт. і газ. пром-сть. – 2001. – № 1. – С. 44-45.

17 Грудз Я. В. Розробка методів регулювання режиму роботи газопроводів в процесі їх діагностування інтелектуальними поршнями: дис. канд. техн. наук : спец. 05.15.13 "Нафтогазопроводи, бази та сховища": Дата захисту 23.01.02 / Я. В. Грудз. – Івано-Франківськ, 2001. – 126 с.

Стаття надійшла до редакційної колегії
21.09.18

Рекомендована до друку
професором **Грудзом В.Я.**
(ІФНТУНГ, м. Івано-Франківськ)
канд. техн. наук **Костівим В.В.**
(УМГ «Прикарпаттрансгаз»,
м. Івано-Франківськ)