

Соколов Т. О., магістр спеціальності 185 Нафтогазова інженерія та технології
Науковий керівник: Коровяка Є.А., к.т.н., завідувач кафедри нафтогазової інженерії та буріння

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ СПОРУДЖЕННЯ ПІДВОДНОГО ПЕРЕХОДУ МАГІСТРАЛЬНОГО ГАЗОПРОВОДУ З ВИКОРИСТАННЯМ ПОПЕРЕДНЬО ВИГНУТИХ ТРУБ

Магістральні газопроводи відіграють ключову роль у забезпеченні енергетичної безпеки, особливо в регіонах з розгалуженою мережею річок і водойм, де підводні переходи становлять зони підвищеного ризику. За статистичними даними, близько 80% аварій на таких ділянках пов'язані з розмивом ґрунту навколо труб, що призводить до оголення конструкцій і впливу гідродинамічних сил. Це спричиняє не лише порушення стабільності транспортування газу, але й значні екологічні наслідки, такі як забруднення водних ресурсів, а також економічні втрати через ремонт і відновлення. В Україні, де інфраструктура магістральних трубопроводів піддається впливу гідрологічних факторів, традиційні методи будівництва, що передбачають виведення старих переходів з експлуатації та прокладання нових з додатковими з'єднаннями, є затратними та шкідливими для навколишнього середовища. Гідрологічні особливості, такі як ширина і глибина водойм, стан берегів, геологічна будова русла та кліматичні зміни, посилюють ці ризики, вимагаючи інноваційних підходів [1, 2].

Актуальність дослідження зумовлена глобальними тенденціями до оптимізації витрат і мінімізації впливу на довкілля в трубопроводному транспорті. Перспективним є "метод кривих", що базується на використанні попередньо вигнутих труб у поєднанні з безтраншейними технологіями, такими як горизонтально-спрямоване буріння (ГНБ) і мікротунелювання. Цей підхід дозволяє формувати жорсткі параболічні конструкції, заглиблені нижче межі розмиву, виключаючи ризики спливання чи деформації трубопроводу. Така технологія не лише підвищує експлуатаційну надійність, але й зменшує обсяги земляних робіт і берегоукріплення, сприяючи сталому розвитку інфраструктури [3, 4]. Магістральні газопроводи є складними системами, що включають головні споруди, лінійні частини, компресорні станції, газорозподільні станції, підземні сховища, системи електрозахисту від корозії та об'єкти ремонтно-експлуатаційної служби. Підводні переходи перетинають природні перешкоди, такі як річки, озера чи болота, та штучні, як населені пункти чи дороги [5, 6]. У геологічному плані район робіт характеризується палеозойським фундаментом на глибині 210–250 м, третинними відкладеннями потужністю 140–175 м і четвертинними утвореннями, представленими пісками, супісками та суглинками потужністю до 42 м. Гідрологічна характеристика включає малі річки з площею водозбору до 717 км², з інтенсивними повеннями навесні. Конструкції підводних переходів класифікуються за групами складності залежно від гідрологічних і геологічних умов [7, 8]. Трубопроводи піддаються комплексним навантаженням імовірнісного характеру, включаючи зміни гідрогеології та мікроклімату, що призводить до нерозрахункових напруг і деформацій. Надійність оцінюється за класичною кривою терміну служби з трьома етапами: приробітку, стійкої експлуатації та зносу. Підвищення надійності досягається інспекціями та профілактичними заходами, що подовжують період мінімальних відмов.

Підводний перехід є гідротехнічною системою, де трубопроводи укладаються нижче дна водойми, з русловою та заплавною частинами. Зазвичай застосовуються дво- або триниткові системи з відключаючими пристроями для забезпечення безперервності в разі аварій. Трубопроводи заглиблюються нижче межі розмиву, з можливим

кріпленням берегів. Альтернативою є конструкція "труба в трубі" з бетонним заповненням для економії земляних робіт.

Існуючі методи будівництва підводних переходів поділяються на траншейні та безтраншейні. Траншейні включають протягування труб тросом через підготовлену траншею, укладання з поверхні води з використанням понтонів, укладання з трубоукладальних барж або плаваючих кранів. Ці методи ефективні для великих річок, але вимагають значних земляних робіт, перешкоджають судноплавству та збільшують витрати на відновлення берегів. Безтраншейні методи, навпаки, мінімізують обсяг земляних робіт і забезпечують високу точність. Серед них: метод проколу для малих діаметрів (100–500 мм) і довжин до 50 м; ГНБ з пілотним бурінням, розширенням свердловини та протягуванням труб, де діаметр свердловини на 25–30% перевищує діаметр трубопроводу; мікротунелювання з щитовою проходкою та продавлюванням залізобетонних труб за допомогою домкратів, що забезпечує точність у складних ґрунтах.

Порівняльний аналіз показує переваги безтраншейних методів: глибоке заглиблення нижче деформацій дна, виключення берегоукріплення, скорочення компенсаційних витрат і можливість ремонту в захисному кожусі. Ризики ГНБ пов'язані з непрямим контролем процесів і потенційним заклинюванням інструменту, тоді як мікротунелювання забезпечує автоматизоване управління з лазерним контролем.

Запропонована технологія "методу кривих" поєднує попередньо вигнуті труби з ГНБ і мікротунелюванням, створюючи жорстку конструкцію, стійку до деформацій. Вигнуті труби формують параболічну траєкторію, заглиблену нижче розмиву, що виключає оголення та гідродинамічний вплив. Це оптимізує будівництво, зменшуючи витрати на матеріали та роботи, і підвищує надійність за рахунок мінімізації з'єднань.

Дослідження підтверджує, що "метод кривих" з попередньо вигнутими трубами є ефективним рішенням для підводних переходів, забезпечуючи стійкість до зовнішніх впливів, скорочення витрат і відповідність вимогам енергетичної безпеки. Впровадження цієї технології сприяє зниженню аварійності та сталому розвитку трубопровідної інфраструктури.

Список використаних джерел:

1. Бойко, В.С., Кондрат, Р.М. & Яремійчук, Р.С. (ред.). (1996). *Довідник з нафтогазової справи*. Київ; Львів. 620 с.
2. Суярко, В.Г. (2015). *Прогнозування, пошук та розвідка родовищ вуглеводнів*. Харків: Фоліо. 413 с.
3. Потетенко, О.В., Шевченко, Н.Г., Миронов, К.А. та ін. (2013). *Нафтогазова механіка*. Харків: НТУ «ХП». 160 с.
4. Мислюк, М.А., Рибчич, І.Й. & Яремійчук, Р.С. (2002–2004). *Буріння свердловин: у 5 т. (Т. 1–5)*. Київ: Інтерпрес ЛТД.
5. Коцкулич, Я.С. & Кочкодан, Я.М. (1999). *Буріння нафтових та газових свердловин*. Коломия: Вік. 504 с.
6. Бойко, В.С. (2004). *Розробка та експлуатація нафтових родовищ*. Київ: Реал-Принт. 695 с.
7. Коровяка, Є.А., Хоменко, В.Л., Винников, Ю.Л., Харченко, М.О. & Расцветаєв, В.О. (2021). *Буріння свердловин*.
8. Денищенко, О.В., Барташевський, С.Є., Коровяка, Є.А. & Ширін, Л.Н. (2019). *Транспортування нафти, нафтопродуктів і газу*.