

# Техніка і технології

УДК 622.691

## БЕЗТРАНШЕЙНЕ БУДІВНИЦТВО ПЕРЕХОДІВ МАГІСТРАЛЬНИХ ТРУБОПРОВОДІВ В УКРАЇНІ

С.О.Овецький<sup>1</sup>, Я.М.Фем'як<sup>1</sup>, Я.Я.Якимечко<sup>1</sup>, В.З.Петренко<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42331,  
e-mail: public@nuing.edu.ua

<sup>2</sup>ЗАТ „Транс-ВІСМОС”, 04093, м. Київ, вул. Фрунзе, 160, тел. (044) 4675670

*Розроблено методику розширення пілотної свердловини при безтраншейному будівництві підводних переходів магістральних трубопроводів. Розглянуто також перспективи, переваги та обмеження при застосуванні горизонтально направленої буріння.*

*Разработана методика расширения пилотной скважины при безтраншейном строительстве подводных переходов магистральных трубопроводов. Рассмотрены также перспективы, преимущества и ограничения при применении горизонтально направленного бурения.*

*In the article the method of belling of pilot access borehole is designed at NO-DIG technologies (underground construction) building of submarine changes of the main ductings. Prospects, advantages and limitations, are considered also at application of horizontally control angle drilling.*

**І. Постановка проблеми.** У зв'язку із зростанням значимості проблем, які насамперед пов'язані з охороною навколишнього середовища, скороченням трудових ресурсів та покращенням умов праці, виникла необхідність у пошуку принципово нових технологій виконання підводно-технічних робіт у будівництві.

Традиційні методи спорудження переходів магістральних трубопроводів через водні перешкоди не відповідають сучасним вимогам. Темпи будівництва залишаються невисокими та додатково призупиняються сезонністю виконання робіт. Ряд операцій під час монтажу трубопроводу виконується власноруч. Під час розроблення та засипання водних траншей необхідні водолазні роботи. Крім того, під час проведення підводних земляних робіт водойми забруднюються зваженими частинками ґрунту, які осідаючи, покривають велику площу дна водойми, в результаті чого порушуються умови середовища флори і фауни водойми, знищуються нерестилища риб, складаються несприятливі умови для водозаборів. Знищення річкових берегів в результаті риття берегових траншей у ряді випадків створюють місця ерозії, які не завжди вдається припинити дорогими берегоукріплювальними роботами.

**ІІ. Аналіз останніх досліджень і публікацій.** NO-DIG technologies, underground construction або простіше «безтраншейні технології»[1] прийшли з усвідомленням того, що будувати одне, руйнуючи щось інше, уже створене та побудоване кимось – неприпустимо. NO-DIG технології здійснюються не тільки для спрощення традиційної схеми будівництва – розкопав (зруйнував) – відремонтував /замінив /побудував, але і для реалізації цілого ряду переваг. Для того, щоб глибше зрозуміти переваги даної технології під час будівництва переходів магістральних трубопроводів, розглянемо один із основних методів безтраншейного будівництва – горизонтально направлене буріння (ГНБ).

Будівництво переходів трубопроводів методом ГНБ називається процесом, що здійснюється із застосуванням спеціальної бурової техніки та включає в себе буріння пілотної свердловини, розширення її до потрібного діаметру, протягування повністю підготовленого й оснащеного дюкера. На попередньому проектному етапі рекомендується виконати інженерні дослідження, які повинні включати: вибір ділянок і створів підводного переходу, інженерно-геодезичний пошук, інженерно-геологічний пошук, гідрометеорологічні та екологічні дослі-

дження. У подальшому слід здійснити проектування підводного переходу, яке включає в себе конструктивне рішення, аналіз напружень, поздовжній профіль свердловини, проектування площадок і т.ін.

Будівництво свердловини виконується в два або декілька етапів. На першому – пробується пілотна, направляюча свердловина, діаметр якої задається компоновкою бурового інструменту, а на наступних етапах, як правило, починаючи з протилежного берега від бурового комплексу виконується розширення пілотної свердловини, її калібрування відповідним розширювачем до діаметру, що забезпечує можливість протягування у свердловину трубопроводу.

**III. Виділення невирішених частин загальної проблеми.** Кожен з наведених вище етапів підготовки та проведення ГНБ має свої невирішені проблеми.

Вибір ділянок і створів підводного переходу пов'язаний з необхідністю розташовувати його на прямолінійних і маловигнутих ділянках річок, уникаючи перетину широких багаторукавних русел і русел, що мають випрямляючі потоки.

До несприятливих для застосування способу ГНБ відносяться ділянки перетину глибоких русел, складених міцними скельними (більше 6-ї категорії за буримістю) або закарстованими породами; ділянки річок, складені товщами, що перешаровуються, з прошарками твердих порід (більше 6 категорії за буримістю); переходи через річки з відкладеннями, що містять великі включення гальки, гравію, щебеню понад 30% і валунів; ділянки, складені пливунами та набухаючими ґрунтами.

Інженерно-геодезичні дослідження повинні забезпечувати отримання матеріалів про рельєф дна водної перешкоди, берегових і заплавних ділянок, а також даних про ситуацію та існуючі споруди на ділянці будівництва підводного переходу.

У процесі інженерно-геодезичних досліджень для будівництва підводних переходів способом ГНБ виконуються наступні види робіт [1]:

- збір і обробка матеріалів інженерних досліджень минулих років;
- рекогносцирувальне обстеження території досліджень, включаючи створення на ділянці переходу планово-висотної знімальної мережі;
- топографічна зйомка місцевості на ділянці переходу в масштабах 1:2000 – 1:500 з висотою перетину рельєфу через 0,5; 1,0м;
- роботи інженерної гідрографії на русловій ділянці переходу;
- геодезичні роботи, пов'язані з розбиттям і прив'язкою гірських вироблень, геофізичних і інших точок інженерних досліджень;
- камеральна обробка матеріалів, включаючи складання інженерно-топографічних планів, поздовжніх профілів, відомостей перетинів траси з лініями електропередачі і зв'язку, підземними комунікаціями.

У результаті мають бути визначені геолого-літологічна структура, геоморфологічні та гідрологічні умови, а також фізико-механічні характеристики ґрунтів.

Геофізичні дослідження повинні виконуватися на всіх стадіях проектування та будівництва у поєднанні з іншими видами інженерно-геологічних робіт для виявлення і уточнення неоднорідності структури ґрунтів, їх складу, стану і умов залягання, виявлення тектонічних порушень, закарстованих зон і ділянок накопичення валунів і галечників, а також умов залягання підземних вод.

При цьому геодезичні та геофізичні дослідження не враховують можливість підводних переходів через вузькі морські протоки та озера, які мають свої особливості не тільки з точки зору гідрології, але і інших характеристик.

Склад і об'єм інженерно-гідрометеорологічних досліджень визначаються залежно від характеру і гідрологічної вивченої водної перешкоди на ділянці переходу.

До складу досліджень входять [2]:

- збір, аналіз і узагальнення необхідних даних;
- рекогносцирувальне обстеження ділянки переходу;
- роботи гідрографії;
- визначення розрахункових гідрологічних характеристик.
- Для проектування і будівництва ділянки переходу способом ГНБ повинні бути отримані наступні дані:
  - про морфометричні характеристики русла і заплави, параметри русла в межах - для визначення можливих меж ділянки ГНБ у складі переходу;
  - про характер і тривалість основних фаз водного режиму – для оцінки оптимальних термінів виконання робіт;
  - про характер і величину прогнозованої переробки берегів, можливих планових переміщеннях русла – для уточнення меж ділянки ГНБ, положення точок входу і виходу свердловини, мінімального заглиблення свердловини;
  - розрахункові значення характерних рівнів – для визначення меж переходу і ділянки ГНБ, вибору місць розташування будівельних і робочих майданчиків;
  - уведення про тип руслового процесу – для визначення схеми переформовувань русла на ділянці переходу і проектування поздовжнього профілю свердловини;
  - результати хімічного аналізу води: зміст катіонів і аніонів методом іонної хроматографії, питомого електричного опору за допомогою резистивиметра, рН, загальній жорсткості.
- Рекомендовані інженерно-гідрометеорологічні дослідження не враховують необхідності оперативного прогнозування наявної ситуації, що може призвести до катастрофічних наслідків, як і недостатні інженерно-екологічні дослідження.
- Інженерно-екологічні дослідження виконуються для екологічного обґрунтування будівництва підводного переходу, з метою визна-

чення вірогідності, ступеня, масштабів, зони розповсюдження і прогнозування несприятливих екологічних і пов'язаних з ними соціальних і інших наслідків будівництва.

Матеріали інженерно-екологічних досліджень повинні забезпечити [3]:

проведення оцінки дії на навколишнє природне середовище будівництва і подальшої експлуатації підводного переходу нафтопроводу, що споруджується методом ГНБ на всіх стадіях розробки проекту;

екологічно обґрунтований вибір майданчиків розміщення і створу трубопроводу, будівельно-монтажного майданчика, майданчика під бурове устаткування, майданчиків під склади, місць розміщення надмірних бурових розчинів і бурових шламів;

розробку заходів по зменшенню і запобіганню негативним діям на природне середовище при будівництві і експлуатації підводного переходу нафтопроводу;

розробку програм виробничо-будівельного моніторингу і екологічного контролю.

До складу інженерно-екологічних досліджень входить [2]:

збір, обробка і аналіз опублікованих і фондних матеріалів і даних про стан природного середовища, пошук об'єктів-аналогів, що функціонують в схожих природних умовах;

спостереження з покомпонентним описом природного середовища і ландшафтів в цілому, стану наземних і водних екосистем, джерел і ознак забруднення;

еколого-гідрогеологічні дослідження;

грунтові дослідження;

геоекологічне випробування і оцінка забрудненості атмосферного повітря, ґрунтів, поверхневих і підземних вод;

лабораторні хіміко-аналітичні дослідження;

вивчення рослинності і тваринного світу;

камеральна обробка матеріалів і складання звіту.

Недоліками даного етапу зараз є недостатня забезпеченість інженерно-екологічних служб технічними засобами для проведення саме підводних досліджень.

Конструктивне рішення підводного переходу полягає у визначенні протяжності ділянки переходу, що споруджується способом ГНБ, визначається місцеположенням точок входу і виходу свердловини. Допускається відхилення точки виходу пілотної свердловини на денну поверхню від проектного положення < 1 % від довжини переходу, але не більш плюс 9,0 м, мінус 3,0 м по осі свердловини, і 3 м по нормалі до неї [2]. Місце розташування точок входу і виходу свердловини визначається вимогами до її трасування з урахуванням геологічних і топографічних умов, планових деформацій русла, зручного розміщення робочих майданчиків. Товщина стінки труб повинна задовольняти вимогам СНиП 2.05.06-85\* і прийматися із запасом, що забезпечує підвищену експлуатаційну надійність переходу. Підводних переходів нафтопроводів, що споруджуються способом ГНБ, через водні перешкоди шириною по дзер-

калу води більше 75 м повинні бути обладнані резервними лініями. Відстань в плані між паралельними нафтопроводами, що прокладаються способом ГНБ, відповідно до норм, що діють, повинна бути не менше 15 м. При реконструкції переходу із заміною існуючої лінії нафтопроводу допускається зменшення цієї відстані до 10 м при відповідному обґрунтуванні в проекті. Перетин нафтопроводу, що прокладається способом ГНБ, з іншими інженерними комунікаціями (трубопроводами, кабельними лініями і ін.) повинен відповідати вимогам СНиП 2.05.06-85\*. Відстань в зоні перетину повинна бути не менше 1 м. При проектуванні ділянок ГНБ на переходах через штучні водні перешкоди: канали (судноплавні, зрошувальні, деривати), штучні водоймища господарського призначення та інші повинні враховуватися технічні вимоги їх користувачів. З'єднання ділянки ГНБ і прилеглих ділянок трубопроводу повинні виконуватися з криволінійних відведень заводського виготовлення з радіусом кривизни не менше 5 діаметрів. Наведені рекомендації щодо конструктивних рішень недостатню увагу приділяють розрахунку показників надійності. Аналіз напружень у проекті повинен бути представлений від всіх розрахункових навантажень і дій, що виникають в трубопроводі в процесі його будівництва (за окремими стадіями), випробування і експлуатації трубопроводу. Визначення напружень в трубопроводі повинне визначатися методами будівельної механіки розрахунку статично невизначених стрижневих систем. Розрахункова схема трубопроводу повинна відображати дійсні умови його роботи, а прийнятий метод розрахунку – враховувати можливість використання програм для ЕОМ.

Допускається попередні розрахунки проводити за спрощеними схемами з подальшим уточненням результатів за допомогою точніших методів. Особливу увагу при цьому слід приділити вивченню останніх досягнень науки у галузі контролю якості матеріалу та втомних його напружень. Подовжній профіль ділянки ГНБ слід проектувати з урахуванням характеру водної перешкоди (протяжності, глибини, берегового рельєфу і т. ін.), геологічних умов, планово-висотних деформацій русла, допустимих радіусів трасування, технології буріння. Заглиблення нафтопроводу слід приймати не менше 6 м від найнижчої відмітки дна на ділянці переходу і не менше 3 м від лінії можливого розмиву або прогнозованого днопоглиблення русла. Мінімальний шар ґрунту над нафтопроводом повинен бути достатнім, щоб виключити можливість прориву бурового розчину і попадання його у водне середовище. Величина цього шару залежить від характеристик ґрунту, його фільтраційних властивостей, проникності під надмірним тиском бурового розчину і визначається проектом.

При проектуванні профілю свердловини за допомогою спеціальних комп'ютерних програм, як початкова інформація, повинні бути задані:

допустимий діапазон кутів входу і виходу свердловини;



Рисунок 1 – Робочий майданчик для проведення ГНБ

радіуси трасування, які повинні поєднуватися з допустимими радіусами пружного вигину нафтопроводу;

величина заглиблення трубопроводу;  
діаметр свердловини.

Остаточний проект профілю переходу повинен бути обґрунтованим і економічно виправданим.

В процесі оптимізації профілю переходу допускається збільшення глибини заставляння у випадку:

якщо буде виявлений кращий по прохідності пласт ґрунту;

якщо це дозволить уникнути тріщинуватих гірських порід і уникнути втрат бурового розчину.

На подовжньому профілі свердловини повинні бути вказані:

координати крапок і кути входу і виходу свердловини;

координати меж та довжина прямолінійних і криволінійних ділянок свердловини.

На даному етапі як правило не враховується можливість застосування різних типів бурових розчинів з різними властивостями і можливостями.

Для вибору будівельно-монтажного майданчика, робочих майданчиків під бурову установку і допоміжне устаткування, складування труб і будівельних матеріалів повинні бути ситуаційні плани і топографічні карти масштабу 1:500 - 1:10000. Для детального проектування з прив'язкою розмірів на місцевості повинен бути виконаний план у великому масштабі, наприклад, 1:1000.

Робочий майданчик під бурову установку повинен розміщуватися на незатоплених відмітках в період будівельного етапу. Розмір бурового майданчика повинен бути достатнім, щоб розмістити будівельний комплекс, а також необхідні матеріали і устаткування. На майданчику повинно бути достатньо місця для маневру автомашин.

Залежно від розміру бурової установки і складу будівельного комплексу розмір бурового майданчика може бути 0,20 - 0,35 га. Розмір майданчика в середньому 50 x 50 м.

При виборі будівельного майданчика на даний час не виконуються вимоги ергономіч-

ності та часто не дотримуються вимоги техніки безпеки (рис. 1).

Ефективність буріння пілотної свердловини залежить від правильного вибору конструкції бурової головки. В залежності від ґрунтових умов застосовують два типи бурових головок:

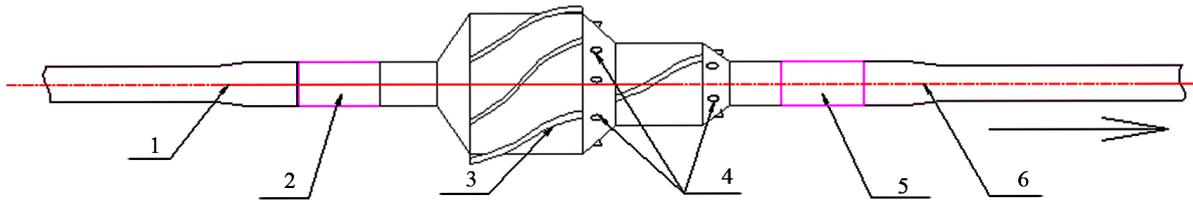
для буріння м'яких ґрунтів (піщаних, ілістих) застосовується струменева бурова головка. З її допомогою буріння здійснюється високо напірними струменями бурового розчину, що подається через насадки та руйнує ґрунт.

для буріння твердих глинистих та м'яких скельних ґрунтів застосовується бурова головка з ріжучими, як правило, вольфрамово-карбідними зубцями.

Фактична траєкторія направляючої свердловини під час пілотної буріння постійно контролюється періодичними замірами кута нахилу і азимуту, якими визначається розміщення бурової головки та інструменту. Відповідні виміри виконуються приладом, звичайно іменованим зондом, що вкладається в бурову головку.

Цей етап ГНБ, як основний, вимагає особливо ретельної уваги через велику низку невирішених питань, а саме питання контролю за процесом буріння пілотної свердловини та технології її буріння.

**IV. Постановка задачі.** Дані вимірів за допомогою вимірювального зонда передаються на поверхню по кабелю, який проходить всередині колони бурових штанг. Ці покази разом із даними вимірів інтервалів, що пробурюються після кожного виміру, використовуються для розрахунку горизонтальних та вертикальних координат точок вздовж осі направляючої свердловини відносно початкової (гирлової) точки поверхні. Для забезпечення проектного повздовжнього профілю свердловини з виходом бурової головки в задану точку в складі бурового комплексу є система орієнтування бурової головки. Вона складається з наступних елементів: зонда з датчиком, що розміщується всередині бурової головки; кабелю зв'язку, що розміщений всередині пілотної штанги та нарощується по мірі проходження пілотної свердловини; пульта дистанційного контролю; дублюючого пульта, встановленого в кабіні оператора бурової установки.



1 – бурові штанги; 2, 5 – клапани; 3 – розширювач; 4 – форсунки; 6 – бурові штанги

**Рисунок 2 – Склад інструменту при розширенні і калібруванні пілотної свердловини бочкоподібним розширювачем**

На екран пульта дистанційного керування виводяться наступні дані:

1. Кут нахилу бурової головки.
2. Положення бурової лопатки.
3. Температура зонда.
4. Глибина розташування бурової головки.

Вищевказана інформація надходить до оператора бурової установки у візуальній формі.

Таким чином, за положенням бурової головки ведеться постійний контроль, та оператор бурової установки має можливість в будь-який момент відкоригувати початкові відхилення. Подальші операції у наведених джерелах розроблені у обмеженому обсязі [1 – 3].

**V. Основний матеріал дослідження.** Розширення пілотної свердловини можливе в процесі протягування робочого трубопроводу при його невеликому діаметрі (200-300мм) або окремими операціями з використанням одного або декількох розширювачів. Технологічна компоновка бурового інструменту при розширенні та калібруванні пілотної свердловини поширеним бочкоподібним розширювачем зображена на рис. 2.

Діаметр розширення пілотної свердловини залежить від ґрунтових умов та діаметру трубопроводу. Як правило, приймається умова, що площа поперечного перерізу свердловини повинна перевищувати не менше ніж на 30% площу поперечного перерізу трубопроводу, що в неї протягається [3]. Розширення стовбура свердловини проводиться послідовним нарощуванням збільшення діаметра розширювачів.

Для попередження втрати пробуреного стовбура свердловини до розширювача приєднується колонна бурових труб, яка слідує за розширювачем на всьому шляху його руху в свердловині.

Свердловина вважається підготовленою до протягування дюкера після досягнення її проектного значення діаметру та довжини.

Монтаж робочого трубопроводу до протягування здійснюється на протилежному березі від бурового комплексу. Для попередження скручення робочого трубопроводу в свердловині його від'єднують вертлюжним пристроєм від розширювача. До оголовка трубопроводу приєднують послідовно вертлюг, бочкоподібний (циліндричний) розширювач та кінець

розширювач та кінець бурової колони (або обсадного трубопроводу), що прямує до бурової установки.

Дюкер в процесі протягування, в залежності від місцевості, підтримується кранами або укладається на роликіві опори. При цьому вздовжня вісь трубопроводу в місці його входу у свердловину повинна співпадати з віссю розбуреної свердловини. Складність протягування трубопроводу збільшується із збільшенням кута, під яким дюкер входить у свердловину (кут виходу пілотної свердловини).

Тягове зусилля для протягування трубопроводу в свердловину до бурової установки залежить від діаметра, ваги трубопроводу, категорії ґрунту, кривизни свердловини та якісного бентонітового розчину.

Для буріння горизонтально-направлених свердловин виготовляють спеціальний високотехнологічний глино порошок, так званий бентоніт, який виконує наступні функції: впливає на стінки свердловини попереджаючи їхнє обвалення та зміцнюючи їх; виводить шлам і вибурені породи зі свердловини; охолоджує буровий інструмент та ін. Також при приготуванні бурового розчину використовують спеціальні добавки – полімери. Вони покращують хімічний склад води, забезпечують швидку циркуляцію води, попереджують набухання та налипання ґрунту на буровий інструмент та штанги.

Будівництво підводних переходів методом ГНБ має ряд переваг:

можливість прокладання трубопроводів значно нижче прогнозованих руслових деформацій, що надійно захищає трубопровід від будь-яких механічних пошкоджень;

метод ГНБ виключає необхідність днопоглиблюючих, підводно-технічних, водолазних і берегоукріплюючих робіт при будівництві переходів через водні перешкоди, що складає більше 50% вартості переходу;

виключається необхідність баластування трубопроводів (баластних вантажів та обважуючого покриття);

відсутність потреби у вибухових роботах по розрихленню щільних ґрунтів для подальшого риття підводної траншеї;

будівництво переходу можливе в будь-яку пору року [2].

Умовами, що обмежують можливість застосування при будівництві переходів магістральних трубопроводів під перешкодами метод ГНБ є:

несприятливі ґрунтові умови: виконання горизонтального направлено буріння в гравійних ґрунтах (гравію більше 30%), в ґрунтах типу пливунів, в ґрунтах з включенням валунів зазнає великих труднощів. В таких випадках ускладнюється контроль при бурінні пілотної свердловини, можливий обвал ґрунту при розширенні пілотної свердловини, можливий обвал ґрунту при розширенні пілотної свердловини та заклинювання робочого трубопроводу при його протягуванні;

виконання переходів на значні відстані (більше 2 км) та з діаметрами робочого трубопроводу більшими за 1220 мм. Для прокладання горизонтально-направленим бурінням трубопроводів діаметрами 1420мм та протяжністю більше 2 км потрібне потужніше обладнання, яке на даний час відсутнє в Україні, та більш бездоганніша технологія.

Будівництво підводних переходів трубопроводів довільного призначення методом ГНБ при сприятливих геологічних умовах є найбільш ефективним для наступних умов:

при будівництві переходів через ріки із значними деформаціями русла і великими швидкостями течії, які виключають можливість попереднього риття траншей;

коли обмежений вільний простір в коридорі, де вже прокладено декілька трубопроводів і неможливо виконати вимоги СНиП відносно мінімальної віддалі спроектованого трубопроводу до вже існуючих;

коли неможливо виконати вимоги СНиП про будівництво підводного переходу звичайним способом нижче за течією від мостів та інших споруд;

при перетині водної перешкоди з інтенсивним судноплавством і штучними спорудами на березі (набережні, дороги, промислові підприємства та ін.);

коли необхідний капітальний ремонт або реконструкція існуючого переходу прокладанням нових трубопроводів;

будівництво прибережних ділянок морських трубопроводів при обривистих берегах, течіях і значному впливі хвиль, коли облаштувати траншею для заглиблення трубопроводу не має можливості;

у випадках, коли техніко-економічними розрахунками спроектовано скорочення коштів і часу при використанні ГНБ для будівництва переходів трубопроводів [2].

Впродовж останніх років в Україні ГНБ набуває широкого використання при проектуванні та будівництві нафто- і газопроводів під великими ріками та іншими природними та штучними перешкодами. Вперше в Україні за допомогою методу ГНБ збудовано такі переходи магістральних трубопроводів, а саме:

переходи газопроводу-відводу "Рокитне – Дубровиця" у Рівненській обл. Ø426мм під р. Случ довжиною 421м та під р. Горинь довжиною 301м [2];

переходи магістральних нафтопроводів Ø 530мм та Ø 720мм у Львівській обл. під р. Дністер довжиною 477м та 502м відповідно.

Усі роботи виконувались ЗАТ "Транс – ВІСМОС" із застосуванням відповідної техніки та кваліфікованих спеціалістів. В якості бурової техніки застосовувався мобільний буровий комплекс виробництва "Tulsa Rig Iron. Inc" (США) модель HDR – 160Т з такими характеристиками: тягове зусилля – 72,5т; момент обертання бурильних лопаток – 39,4 кН/м; система пересування каретки – рейка.

VI. Висновки. Підводні переходи методом ГНБ забезпечують високу надійність і безпеку, що підтверджується більш як двадцятип'ятирічним терміном їх експлуатації: аварій, які б супроводжувались попаданням нафти у водойми, не зафіксовано. Виділені у статті умови обмеження застосування даного способу буріння потребують свого вирішення у подальших дослідженнях.

### *Література*

1 Спектор Ю.И. Строительство подводных переходов способом горизонтального направленного бурения: [учеб. пособие] / Спектор Ю.И., Мустафин Ф.М., Лаврентьев А.Е. – Уфа: ООО «ДизайнПолиграфСервис», 2001. – 208 с.

2 Сооружение подводных переходов газонефтепроводов методом наклонно-направленного бурения: [учеб.-методическое пособие] / [под общ. ред. О.Н.Благова] – М.: Лори, 2003. – 288 с.

3 Руководящий документ «Строительство подводных переходов нефтепроводов способом наклонно-направленного бурения» – М.: ОАО «ВНИИСТ», 2004. – 79 с.

*Стаття поступила в редакційну колегію  
2.02.09*

*Рекомендована до друку професором  
Сердюк М.Д.*