

УДК 622.692.4

ПРОБЛЕМИ І ПЕРСПЕКТИВИ СПОРУДЖЕННЯ ПІДВОДНИХ ГАЗОНАФТОПРОВОДІВ

Я. В. Дорошенко, Ю. І. Дорошенко, Т. П. Шиян

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422)42157,
e-mail: snp@nung.edu.ua

Наведено переваги і недоліки існуючих способів прокладання глибоководних ділянок шельфових трубопроводів (вільне занурення з транспортуванням довгомірних ділянок трубопроводу (довжиною до 10 км) на плаву до місця укладання, S та J-укладання). Для прокладання шельфових трубопроводів Чорним і Азовським морями, де рух морського транспорту є достатньо інтенсивним, запропоновано спосіб O-укладання. Обґрунтовано доцільність встановлення камер запускання засобів очищення і діагностування шельфових трубопроводів на морських платформах. Здійснено аналіз технологій спорудження трубопроводів, які можуть бути застосовані для прокладання трубопроводів в місцях перетинання з береговою лінією морів, визначено переваги і недоліки кожної з них, виділено основні критерії і фактори, які треба враховувати під час їх вибору. Наведено сферу застосування, перспективи та переваги технологій мікротунелювання, похило-скерованого буріння, які застосовуються для спорудження підводних переходів газонафтопроводів. Встановлено, які ускладнення виникнуть під час розширення сфери їх застосування та запропоновано конструктивні рішення, які дозволяють усунути ці ускладнення.

Ключові слова: шельф, берегова лінія, O-укладання, перехід, мікротунелювання, похило-скероване буріння

Приведены преимущества и недостатки существующих способов прокладки глубоководных участков шельфовых трубопроводов (свободное погружение с транспортировкой длиномерных участков трубопровода (длиной до 10 км) на плавучую к месту укладки, S и J-укладка). Для прокладки шельфовых трубопроводов Черным и Азовским морями, где движение морского транспорта достаточно интенсивно, предложен способ O-укладки. Обоснована целесообразность установки камер пуска средств очистки и диагностики шельфовых трубопроводов на морских платформах. Осуществлен анализ технологий сооружения трубопроводов, которые могут быть применены для прокладки трубопроводов в местах пересечения с береговой линией моря, определены преимущества и недостатки каждой из них, выделены основные критерии и факторы, которые необходимо учитывать при их выборе. Приведены область применения, перспективы и преимущества технологий микротоннелирования, наклонно-направленного бурения, применяемых для строительства подводных переходов газонефтепроводов. Установлено, какие осложнения возникнут при расширении сферы их применения и предложены конструктивные решения, позволяющие устранить эти осложнения.

Ключевые слова: шельф, береговая линия, O-укладка, переход, микротоннелирование, наклонно-направленное бурение

An positives and drawbacks of existing methods laying deep-sea areas offshore pipelines (free dive with long transportation pipeline sections (up to 10 km) to the place afloat conclusion, S and J-lay). For laying of offshore pipelines Black and Azov seas, where maritime traffic is intense enough, the method of O-laying. The necessity of installing cameras executing tools for diagnosing and offshore pipelines for offshore platforms. The analysis technology construction of pipelines that can be used for laying pipelines in the areas of coastline crossing seas, identified the advantages and disadvantages of each, highlighted the main criteria and factors to be considered in their selection. Given scope, prospects and benefits of technology microtunnelling, horizontal directional drilling used for the construction of underwater gas and petroleum pipeline. Found that complications arise during the expansion of the scope and offered constructive solutions to resolve these difficulties.

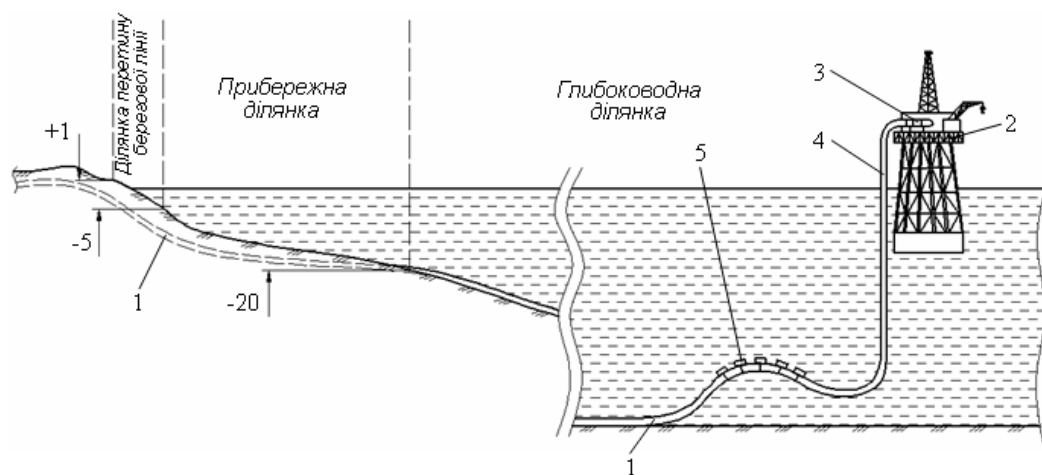
Keywords: shelf, coastline, O-lay, moving, microtunnelling, horizontal directional drilling

Сучасні світові тенденції пов'язані з переміщенням нафтогазовидобування з континенту на шельф і акваторію морів та океанів. Одним з пріоритетних напрямів розвитку нафтогазової галузі світу в цілому і України зокрема є освоєння морських родовищ вуглеводнів. Що стосується України то за словами фахівців Чорне і Азовське моря в цьому плані є надзвичайно перспективним хоча розвідані тільки на 4 %. Нерозвідані запаси на морському шельфі України оцінені Українським державним геологорозвідувальним інститутом у 1852,96 млрд. куб. м газу, 157,2 млн. т нафти і 186,2 млн. т конденсату. Це – 37% сумарних нерозвіданих ресурсів газу, 21,4% – нафти і 53,8% – конденсату. [1]

До потенційних районів нафтогазовидобування можна віднести шельф Чорного моря і акваторію Азовського моря де розвідуються, очікують освоєння і освоюються нові нафтогазові родовища. В цих районах газопровідна інфраструктура практично відсутня, шельфові газопроводи існують тільки від невеликої кількості освоєних газових родовищ, а отже найближчим часом, в міру освоєння нових родовищ, очікується значне збільшення обсягів спорудження шельфових трубопроводів. Таким чином в найближчому майбутньому основний обсяг робіт з спорудження трубопроводів в Україні перенесеться з суші на море з формуванням нового напрямку в будівельній галузі – спорудження морських трубопроводів.

Шельфові трубопроводи споруджують для внутрішньопромислового збору продукту (транспортуванню продукту від свердловин до центральної технологічної платформи) і його транспортування від платформи до берега. В Чорному морі нафтогазові структури знаходяться на глибині до 4-5 тис. метрів і прокладання від них підводних трубопроводів вимагає складних і унікальних інженерних рішень.

Шельфові трубопроводи складаються з ділянки перетину берегової лінії, прибережної ділянки, де трубопровід укладається в підводну траншею, глибоководної ділянки, де трубопровід укладається на дно, і райзера (стояка), який кріпиться до морської платформи (рис. 1). Технологія спорудження кожної ділянки є різною.



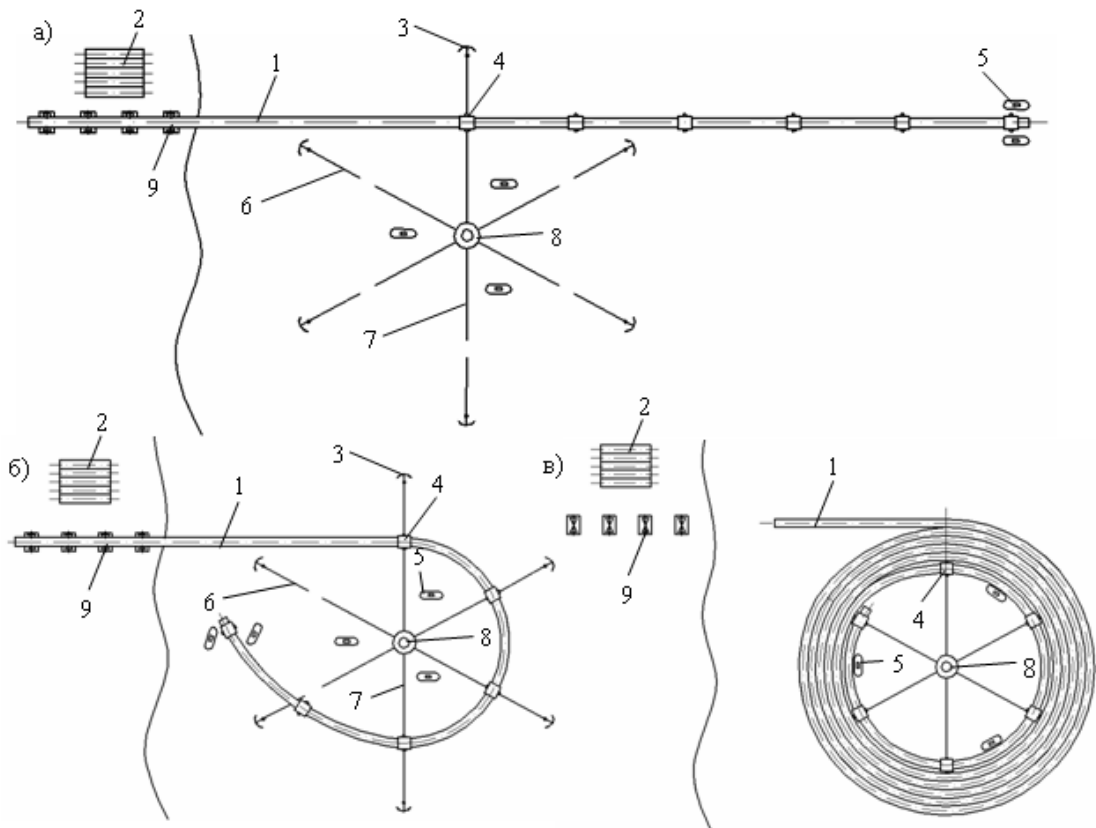
1 – трубопровід; 2 – морська платформа; 3 – камера запускання засобів очищення та діагностування в трубопровід; 4 – райзер; 5 – понтон

Рисунок 1 – Схема шельфового трубопроводу

Прокладання глибоководної ділянки може здійснюватись декількома способами, це S, J-укладання, коли монтаж трубопроводу виконується на борту судна або баржі трубоукладача і опускається по стінгеру на дно [2]. J-укладання застосовується для великих глибин, до 800 м і може бути застосовано для прокладання трубопроводів від морських платформ, які будуть на акваторії Чорного моря, до прибережної ділянки. S-укладання з борту баржі трубоукладача можна застосовується на шельфі, але для прокладання шельфових трубопроводів невеликої протяжності (перспективні родовища на шельфі Чорного і Азовського моря знаходяться на віддалі до декількох десятків кілометрів від берега) такий метод є дорогим і недоцільним. Найдоцільніше прокласти трубопроводи на шельфі Чорного і Азовського моря способом транспортування довгомірних ділянок трубопроводу довжиною до 10 км на плаву до місця укладання. У разі застосування цього способу можна якісно зварити секції труб на березі, здійснити контроль зварних стиків та їх ізолювати. Найбільшим недоліком цього способу є те, що рух морського транспорту на Чорному морі є інтенсивним, а довгомірні ділянки трубопроводу, які транспортуються на плаву, його значно обмежують. Погодити тимчасову зупинку судноплавства або зміну його напрямів з

судноплавними компаніями, більшість з яких є іноземними неможливо. Найдоцільніше застосовувати такий спосіб, коли платформа розміщена не великій віддалі від берега.

Для спорудження трубопроводів на Чорноморському та Азовському шельфі найдоцільніше застосовувати спосіб О-укладання (рис. 2). Трубопровід 1 зварюється в нитку на березі, обладнується понтонами (рис. 2, а). На попередньо розрахованій віддалі один від одного на трубопровід 1 установлюють шість металевих бандажів 4. На прибережній ділянці по колу попередньо визначеного діаметра розкладають п'ять якорів 3 з відтяжками 6 від них. В центрі кола поміщають понтон 8 з шістьма відтяжками 7. Підготовлений трубопровід 1 спускається на воду по роликовій спусковій доріжці 9 до тих пір поки останній бандаж 4 не буде між якорем 3 та понтоном 8. Тоді спускання трубопроводу 1 на воду припиняється і відтяжки від якоря 3 та понтона 8 кріпляться до встановленого на трубопроводі 1 бандажа 4. Після чого за рахунок пружного згину трубопровід 1 загинається баржами 5 до тих пір поки наступний встановлений на трубопроводі бандаж не буде між другим якорем і понтоном, де трубопровід знову закріплюють. Таким чином за рахунок пружного згину трубопроводу 1 його закручують в кільце великого діаметра (рис. 2, б). Коли до першого бандажа закріпленого на початку трубопроводу прикріплено відтяжку від розміщено в центрі кола понтона відтяжки від якорів відкріплюють від бандажів встановлених на трубопроводі. Подальше закручування трубопроводу здійснюється поміщеними у відповідні сектори кільця баржами 5 з одночасним спусканням трубопроводу на воду роликовою доріжкою 9. Скручений таким чином в кільце трубопровід (рис. 2, в) баржами транспортується до морської платформи. Де баржі починають його поступово розкручувати. Від розкрученої ділянки трубопроводу від'єднують понтони і він поступово опускається на дно.



а) – спускання трубопроводу на воду; б) – закручування трубопроводу за рахунок пружного згину; в) – підготовлена до транспортування ділянка трубопроводу;

1 – трубопровід; 2 – склад труб; 3 – якор; 4 – бандаж; 5 – баржа;
6, 7 – відтяжка; 8 – понтон; 9 – роликова спускова доріжка

Рисунок 2 – Технологічна схема О-укладання глибоководної ділянки шельфового трубопроводу

Одним з найвідповідальніших етапів під час спорудження шельфових трубопроводів є монтаж райзерів. Райзери кріпляться до камери запускання засобів очищення та діагностування в трубопровід, яку установлюють на морській платформі. Камери запускання треба установлювати на усіх морських платформах, оскільки, газ, який поступає з свердловини, виносить велику кількість рідких забруднень, а якісно очистити його на морській платформі неможливо. Морська

ділянка трубопроводу є пониженою і в ній з часом накопичуються рідкі забруднення, що значно погіршує гідравлічну ефективність шельфових газопроводів. Що стосується шельфових нафтопроводів то на їх стінках відкладається парафін. Інтенсивне відкладення парафінів зумовлено низькою температурою нафти яка транспортується дном моря, особливо це спостерігається взимку. Відкладення парафінів значно погіршує гідравлічну ефективність шельфових нафтопроводів.

Райзери можуть закріплюватись впритул до стаціонарної морської платформи але в такому випадку з часом відбувається зменшення радіуса кривизни нижнього відводу райзера, що обумовлено деформаціями стояка, його сповзанням в місцях кріплення, і, як наслідок, значне збільшення напружень в нижньому відводі райзера. Особливо напруження зростають коли трубопровід є глибоководним. Тому необхідно розробити більш надійні методи закріплення райзерів морських глибоководних трубопроводів. Одними з варіантів є встановлення на дні опор і перекидання через них райзерів та кріплення до райзерів в нижній частині понтонів. Такі схеми дозволяють платформу розмістити на плаву і забезпечують можливість незначного дрейфу платформи.

Однією з найвідповідальніших і найскладніших робіт під час спорудження морських трубопроводів є їх прокладання в місці перетинання з береговою лінією та на прибережних ділянках. Рішення з перетинання берегової лінії та прокладання прибережних ділянок для кожного проекту найчастіше є унікальними і залежить від інтенсивності хвильового впливу, величини розмивання ґрунту припливами, інтенсивності дії на ґрунт льоду під час припливів, так звана льодова екзарція, імовірності пошкоджень трубопроводу якорями, фізико-механічних властивостей ґрунтів, висоти берегів і величини ерозії ґрунтів, наявності різних об'єктів на березі (дороги, хвилевідбійні стінки), екологічної безпеки регіону. Усі ці особливості визначають глибину заглиблення трубопроводів, технологію виконання робіт з їх спорудження.

Найпростішим і найекономічнішим методом є перетинання морської берегової лінії з застосуванням траншеї. При цьому траншею в місці перетинання трубопроводом берегової лінії можна розробляти одноковшовим екскаватором встановленим на понтоні але краще попередньо насипати дві дамби (з двох сторін майбутньої траншеї) і здійснювати розроблення траншеї одноковшовими екскаваторами з дамб. Дамби є додатковим захистом трубопроводу під час експлуатації.

Укладання трубопроводу в берегову траншею у такому випадку найкраще здійснювати способом протягування. При цьому можна застосувати три схеми. Найрозповсюдженішою є схема коли трубопровід монтується на монтажному майданчику розміщеному на березі, поміщується на спускову доріжку (ґрунтову, роликову, траншея заповнена водою) і сплавляється або протягується з допомогою барж. Якщо морський трубопровід споруджується баржею або судном трубоукладачем то протягування трубопроводу може здійснюватись лебідкою встановленою на трубоукладачому судні. За цією схемою трубопровід з берега зтягується на судно трубоукладач.

Якщо трубопровід має велику вагу і монтується на трубоукладачому судні або баржі то ефективною є схема коли трубопровід протягується з судна трубоукладача на беріг встановленими на березі стаціонарними лебідками. Також у цьому випадку можна застосувати схему за якою трубопровід з баржі або судна трубоукладача протягується на беріг з допомогою лебідки встановленої на трубоукладачому судні і блоку розміщеного на березі.

Трендами сьогодення в трубопровідному будівництві та реконструкції підводних трубопроводів є акценти на технології, які забезпечують надійність та довговічність експлуатації трубопроводу і чинять мінімальний вплив на довкілля. Такими технологіями є мікротунелювання та похило-скероване буріння. Вони застосовуються для перетинання рік, лиманів, заток, берегових ліній морів. За цими технологіями трубопровід заглиблюється на значну глибину під дном, що дозволяє виключити розмивання трубопроводу течіями рік, припливами морів, пошкодження трубопроводу якорями, а також прокладати трубопроводи в місцях високих берегів, наявності різних об'єктів на березі (дороги, водовідбійні стінки) та забезпечити екологічну безпеку регіону.

Технологія мікротунелювання базується на прокладанні тунелю з допомогою дистанційно-керованого прохідного щита. До прохідного щита кріпиться трубопровід, який в мікротунель подається гідроштовхачем. [3]

Загальним для усіх технологічних схем похило-скерованого буріння є:

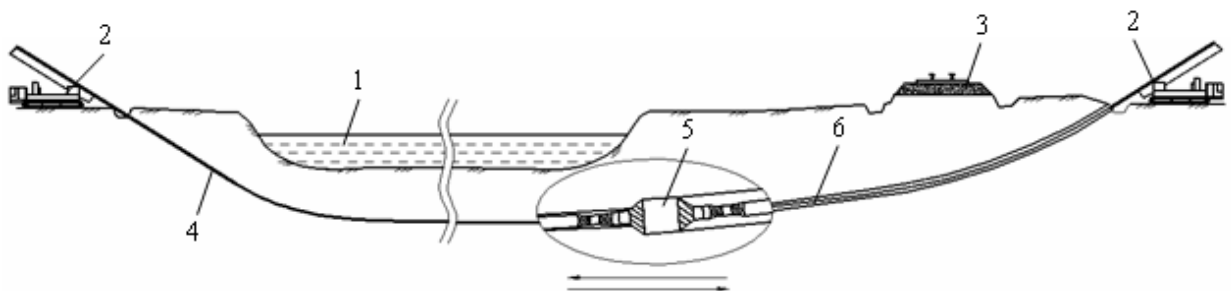
- буріння пілотної свердловини;
- розширення свердловини;
- протягування трубопроводу в розроблену свердловину. [4]

Технологія та обладнання мікротунелювання та похило-скерованого буріння безперервно вдосконалюються, розширюється сфера їх застосування для вирішення складних проблем трубопровідного будівництва. Сьогодні уже більшість переходів через річки споруджуються і реконструюються такими способами. В найближчому майбутньому практично усі переходи через річки будуть споруджуватись такими способами. Також є доцільність їх застосовувати в місцях перетину берегової лінії морів, зсувів та ерозії ґрунтів. Способом похило-скерованого буріння уже

прокладені переходи на довжину до 2,5 км діаметром 720 мм, розробляються технології, які дозволять цим способом прокладати трубопроводи на довжину до 10 км.

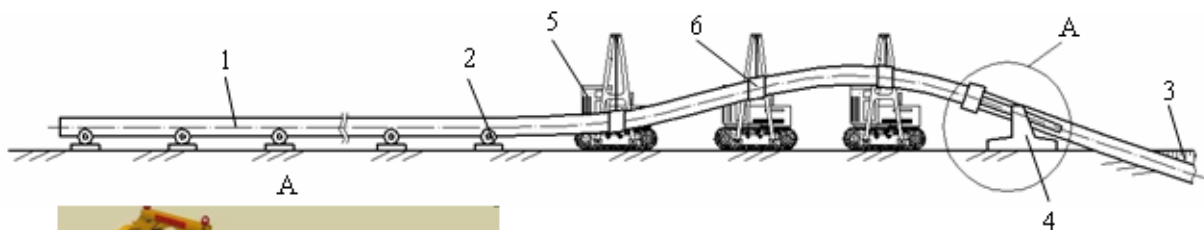
Технологічна можливість буріння на таку довжину є. Ускладнення виникають під час розширення свердловини, яке можна вирішити двома установками похило-скерованого буріння, які треба розмістити з двох сторін переходу і з'єднати буровими штангами (рис. 3).

Також є ускладнення з протягуванням протяжної ділянки в розширену свердловину. Проблеми є з зусиллями, які треба розвинути, щоб протягнути в свердловину протяжний трубопровід, а також під час протягування протяжних ділянок руйнуються термоусадочні манжети якими ізолюють зварні стики і може руйнуватись сама ізоляція. Ці питання можна вирішити спільною роботою установок похило-скерованого буріння встановленої на одному боці перешкоди і гідроштовхача, який застосовується під час спорудження переходів трубопроводів мікротунелюванням, встановленого в місці подавання трубопроводу в свердловину трубоукладачами (рис. 4). Максимальне тягове зусилля найпотужнішої на сьогодні установки похило-скерованого буріння складає 400 т, а максимальне зусилля штовхання найпотужнішого гідроштовхача 750 т.



*1 – водна перешкода; 2 – бурова установка; 3 – залізниця; 4 – колона бурильних труб;
5 – розширювач; 6 – розширена свердловина*

Рисунок 3 – Схема розширення свердловини під час спорудження протяжних переходів трубопроводів способом похило-скерованого буріння



*1 – трубопровід; 2 – роликіву опора; 3 – свердловина; 4 – гідроштовхач;
5 – трубоукладач; 6 – ролик-канатна підвіска*

Рисунок 4 – Схема подавання трубопроводу в свердловину під час спорудження протяжних переходів трубопроводів способом похило-скерованого буріння

Зменшити тягове зусилля та виключити руйнування термоусадочних манжет і ізоляційного покриття трубопроводу під час спорудження протяжних переходів способом похило-скерованого буріння можна забезпечивши плавучість трубопроводу в свердловині. Оскільки при похило-скерованому бурінні діаметр свердловини на 50 % більший діаметра трубопроводу і трубопровід в свердловині знаходиться в буровому розчині то таке можна здійснити протягнувши у робочий трубопровід на монтажному майданчику товстостінну поліетиленову трубу. Поліетиленову трубу треба заглушити з двох сторін і накачати повітрям. Вода подається в міжтрубний простір між

робочим трубопроводом і робочим трубопроводом, забезпечуючи тим самим необхідну плавучість трубопроводу у буровому розчині під час його протягування свердловиною.

Підводні трубопроводи традиційно вважаються найнебезпечнішими ділянками нафтогазотранспортної системи. Вони перебувають в агресивному водному середовищі, можуть бути розмиті течією і провисати, розмиті підводні переходи та укладені на дно моря трубопроводи піддаються динамічному впливу донних течій, можуть бути пошкоджені якорями суден, штормами, паводками, повеннями. Тому щоб забезпечити найвищий рівень їх надійності та максимальну довговічність треба застосовувати найоптимальніші технології спорудження підводних трубопроводів на кожній ділянці, які чинять мінімальний вплив на напружено-деформований стан трубопроводу, зменшують імовірність його пошкодження під час експлуатації.

Література

1 Аптекарь С.С. Сучасний стан нафтової промисловості України: проблеми і шляхи подолання кризи нафтових ресурсів / С. С. Аптекарь, А. Ю. Дронова // Актуальні проблеми економіки. – 2010. – № 4. – С. 39 – 51.

2 Нормы проектирования и строительства морского газопровода : ВН 39-1.9-005-98. – [Действует от 1998 – 02 – 01]. – М. : ОАО Газпром, 1998. – 17 с.

3 Комина Г. П. Прокладка газопроводов с помощью технологии микротоннелирования / Г. П. Комина, А. И. Ченгаев // ГАЗинформ. – 2012. – № 2/37. – С. 42 – 45.

4 Дорошенко Я. В. Спорудження магістральних трубопроводів: [підручник] / Я. В. Дорошенко. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2010. – 563 с. – ISBN 978-966-694119-3.

*Стаття надійшла до редакційної колегії
10.06.12*

*Рекомендована до друку оргкомітетом
міжнародної науково-технічної конференції
“Проблеми і перспективи транспортування нафти і газу”,
яка відбулася 15-18 травня 2012 р.*