

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ СПОРУДЖЕННЯ НАФТОГАЗОПРОВОДІВ

¹М.В. Панчук, ¹Л.С. Шлапак, ¹І.М. Сем'яник, ²Л.М. Литвиненко

¹ІФНТУНГ; 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (0342) 506612,
e-mail: ztk@nimg.edu.ua

²ДП ЗАО «Глобалстрой-инжиниринг», ЛК – УКРНАФТОГАЗБУД,
65041, м. Одеса, вул. Шкодова гора, ба, тел. 348554, e-mail: lungs@te.net.ua

Узагальнено вітчизняні та зарубіжні технології спорудження нафтогазопроводів з використанням труб із термопластів. Наведені характеристики склопластикових та поліетиленових армованих синтетичними нитками труб. Розглянуті технології з'єднання трубопроводів з акцентами на нові розробки.

Ключові слова: склопластикові труби, поліетиленові, армовані синтетичними нитками труби.

Обобщены отечественные и зарубежные технологии сооружения нефтегазопроводов с использованием труб из термопластов. Приведены характеристики стеклопластиковых и полиэтиленовых армированных синтетическими нитками труб. Рассмотрены технологии соединения трубопроводов с акцентом на новые разработки

Ключевые слова: стеклопластиковые трубы, полиэтиленовые, армированные синтетическими нитками трубы.

Ukrainian and foreign technologies of oil- and gas pipeline construction using the thermolayer pipes are generalised. The characteristics of glass-plastic and polyethylene pipes, reinforced with synthetic threads, are given. The technologies of pipeline connection with accent on new developments are analysed.

Keywords: glass-plastic pipes; polyethylene pipes, reinforced with synthetic threads.

Однією з найважливіших проблем експлуатації промислових трубопроводів є їх захист від корозії. Практика свідчить, що середній термін служби промислових трубопроводів складає від кількох місяців до 15 років.

До недавнього часу для перекачування сирої нафти від гирла свердловини до пунктів підготовки та за подальшого транспортування, а також у системах закачування води, в більшості випадків використовувалися труби з вуглецевих і низьколегованих сталей.

За використання сталевих труб промислові трубопроводи піддаються високому корозійному навантаженню.

Корозія завдає найбільших матеріальних збитків та відіграє вирішальну роль у скороченні терміну служби трубопроводів, впливає на збільшення експлуатаційних витрат, та викликає втрати транспортованого продукту, знижуючи його якість та забруднюючи навколишнє середовище. Швидкість корозії промислових трубопроводів за останні роки збільшилася внаслідок обводнення нафти, закачування в продуктивні горизонти вуглекислого газу та кислот, наявності мінералізованої води, піску та продуктів корозії, зараженості пластових та стічних вод сульфат-редукційними бактеріями.

Відомі методи захисту металевих труб [1] для підвищення їх довговічності та надійності мають суттєві недоліки. Так, використання інгібіторів корозії знижує рівень аварійності трубопроводів, але утворений ними захисний шар швидко руйнується твердими включеннями, наявними в потоці. Нанесення на внутрішню поверхню металевих труб різних покриттів (футерування) є складною та дорогою операцією. При цьому найбільшою проблемою є роз-

роблення надійного захисту стику під час монтажу трубопроводів. Існуючі технології не забезпечують ефективного захисту стику футерованих металевих труб в польових умовах, що згодом призводить до утворення центру корозії та інтенсивного зростання її швидкості саме в цих місцях.

Іншим недоліком сталевих труб є суттєва перевитрата матеріалу.

Сталеві нафтопромислові трубопроводи монтується, як правило, із труб діаметром від 50 мм до 250 мм. Товщина стінок сталевих труб при цьому коливається від 4 до 12 мм, що деколи призводить до надлишкового десятикратного запасу міцності, і, навіть у цьому випадку, немає гарантії їхньої цілісності під дією корозії.

Кардинальним способом вирішення даної проблеми є використання поліетиленових труб з високою корозійною стійкістю, що виключає необхідність використання антикорозійних прийомів та дає змогу збільшити термін безремонтної експлуатації до 20 і більше років.

Використання пластмасових труб є добрим способом для збільшення надійності нафтопромислових трубопроводних систем, скорочення використання сталевих труб та зниження енергозатрат при переукладанні трубопроводів.

З 50-х років минулого сторіччя велике розповсюдження отримали труби з термопластів (полівінілхлориду та поліетилену) для спорудження низьконапірних трубопроводів [2, 3]. Комплекс позитивних властивостей та висока технологічність монтажу трубопроводів, внаслідок досконалої технології зварювання труб та наявності зварювального обладнання забезпечили масове використання труб на нафтопромислах.

Для розширення областей використання трубопроводів за більш високих тисків (більше 1.2 МПа) розроблені труби з композитних матеріалів. Великий відсоток класу полімерних композитних труб складають склопластикові труби.

Склопластики являють собою композитні конструкційні матеріали, які поєднують у собі високу міцність із відносно невеликою густиною. У різних галузях промисловості вони успішно конкурують із такими традиційними матеріалами, як метали та їх сплави, бетон, скло, кераміка, дерево. У багатьох випадках конструкції, що відповідають спеціальним технічним вимогам, можуть бути виготовлені тільки зі склопластику. Вироби з цього матеріалу отримали особливо широке застосування в апаратах, призначених для роботи в екстремальних умовах: у кораблебудуванні, авіації та космічній техніці, обладнанні нафтохімічної та газодобувної галузей.

Світовим лідером у виробництві та споживанні виробів із композитних матеріалів є США, де їхнє промислове виробництво було налагоджене ще в 1944 р.

Під трубами із композитних матеріалів розуміють склопластикові, базальтопластикові, органічнопластикові або інші труби (залежно від типу арматурного наповнювача) з полімерним зв'язуючим із термореактивного матеріалу. Для композитних труб використовуються, як правило, епоксидні або поліефірні зв'язуючі.

Для виготовлення труб, залежно від призначення, місця і способу прокладання, можуть використовуватися різні матеріали:

- базальтові, скляні або вуглецеві волокна;
- синтетичні волокна з різних матеріалів;
- гуми, гумопласти та фторопласти різних марок;

– зв'язуючі матеріали на основі різних смол та клеєвих сумішей.

Склопластикові труби вперше використані в кінці 50-х років минулого сторіччя. Компанії «Амоко», «Шеврон», «Ескон», «Мобіл Ойл», «Ельф», «Тотол», «Шелл», та інші почали використовувати нафтопровідні системи з епоксидних склопластиків за тиску 1.5÷2 МПа. Сотні кілометрів таких нафтопроводів було укладено біля родовищ у різних кліматичних зонах (від тропіків до Арктики). Експлуатація трубопроводів практично без ремонту протягом більш, ніж двадцяти років довела ефективність цих матеріалів.

Апробований термін експлуатації склопластикових труб – 50 років. Хоча такі труби і дорожчі, ніж труби з вуглецевої сталі, але термін їхньої експлуатації на порядок вищий. У результаті економічний ефект є досить вагомим: з урахуванням часового фактора, використання сталевих труб обходиться в шість разів дорожче, ніж склопластикових. Загалом, завдяки нульовим витратам на експлуатацію склопластикових труб та відсутність необхідності їхньої заміни протягом усього терміну експлуатації родовищ, через п'ять років роботи досягається рівність приведених витрат на сталеві та склопластикові труби. Таким чином, великі нафтові

компанії прийшли до висновку, що, не дивлячись на більші початкові фінансові витрати, композитні труби з технічної та екологічної точки зору, а також із позиції захисту навколишнього середовища є альтернативою трубам із вуглецевої сталі.

Всі види склопластикових труб різних виробників можна розділити на три групи за такими ознаками:

- 1) тип матриці (епоксидна або поліефірна);
- 2) тип з'єднання;
- 3) конструкція стінки труби (чистий склопластик, склопластик із плівковим шаром, багатошарові конструкції).

Суттєвою відмінністю між склопластиковими трубами різних виробників є конструкція стінки.

Одношарова труба, виконана без футерування, є класичним прикладом використання склопластикових труб. Але використання такої труби в складних кліматичних і рельєфних умовах пов'язане з низкою проблем. Для зниження впливу таких факторів слід бути особливо уважним під час проведення будівельно-монтажних робіт: розробляти траншею великих розмірів, виконувати піщану подушку під трубопроводом. Вартість одношарових труб може бути нижчою від вартості труб, футерованих плівковими матеріалами, та багатошарових труб, але вартість будівельно-монтажних робіт значно вища. Крім того, трубопроводи з одношарових труб менш надійні в експлуатації. Ці обставини значно зменшують техніко-економічний ефект від використання склопластикових труб одношарової конструкції.

Труби двошарової конструкції, футеровані зсередини плівковими матеріалами, менше піддаються втраті герметичності в умовах пролягання трубопроводів у нестабільних ґрунтах (Донецька область, район Карпат). Але за час експлуатації двошарових труб у нафтопромислових трубопроводах виявлено низку серйозних недоліків, які вимагають зміни конструкції та технології виготовлення труб, зокрема:

– недостатню адгезію між футерованим і склопластиковим шаром, яка не дає змоги забезпечити монолітність стінки труби;

– порушення еластичності матеріалу футерування за низьких температур навколишнього середовища;

– відшарування футерування від склопластикової оболонки труби при транспортуванні газомістких середовищ (кесонний ефект).

Забезпечення достатньої адгезії зі склопластиком та еластичності внутрішнього шару є взаємопротилежними проблемами. Краща адгезія зі склопластиком забезпечується хімічним зшиванням двох матеріалів, і для цього в якості футерування доцільно використовувати матеріал термореактивної природи. Але такий матеріал втрачає еластичність за низьких температур, і переваги двошарової труби втрачаються. Кращу еластичність за низьких температур забезпечує термопластичний матеріал – поліетилен, але виконати процес хімічного зшивання зі склопластиковою оболонкою складно. Під час

транспортування газу трубопроводом, що має двошарову будову, може мати місце кесонний ефект, який являє собою відшарування внутрішнього плівкового шару від склопластику. При розгазуванні, або розчиненні газу з транспортованого середовища в трубі, виникають умови, коли газ проходить через внутрішній плівковий шар, накопичується між склопластиком та футеруючим шаром і створює тиск на футерування ззовні.

Під дією тиску газу між шарами плівковий шар відшаровується від склопластику, в результаті чого конструкція труби порушується. Дане явище не виникає, якщо в транспортованому середовищі відсутній газ.

Склопластикові двошарові труби призначено для експлуатації в трубопроводах, які транспортують розгазовані середовища: в трубопроводах для перекачування пластових та стічних вод, водопостачання, каналізації і т.п. Внутрішній шар може бути виготовлено з поліетилену – матеріалу, що відомий як найстійкіший до дії середовищ нафтопромислових трубопроводів.

Адгезія поліетилену зі склопластиком забезпечується використанням спеціальної марки поліетилену, яка зшивається в процесі затвердження труби, формулою епоксидного зв'язуючого матеріалу та режиму термообробки труб. У процесі термообробки забезпечується одночасне зшивання та затвердження епоксидного матеріалу. В результаті цього відшарування внутрішнього поліетиленового шару труби від склопластику без руйнування останнього практично неможливе.

Конструкція тришарових труб відрізняється від двошарових наявністю внутрішньої склопластикової оболонки, конструктивно розкріпленої з футерувальним шаром. Внутрішня оболонка не несе навантажень вздовж осі труби, і її конструкція оптимізована для забезпечення більшої міцності в кільцевому (круговому) напрямку. Внутрішня оболонка призначена для згладжування тисків у трубі, які циклічно змінюються. Транспортоване середовище проникає в область між внутрішньою оболонкою та плівковим шаром, створюючи тим самим область постійного тиску, який рівний робочому тиску в трубопроводі, біля футерування. За рахунок того, що тиск біля плівкового шару не змінюється, умови проникнення газу через нього відсутні та кесонний ефект не спостерігається. Разом з тим внутрішня оболонка додатково підвищує жорсткість труби та зменшує температурну дію на несучий склопластик, що підвищує довговічність їхнього використання.

В 1970 році Зацепіним К.С. було розроблено оригінальну конструкцію комбінованої склопластикової труби [4].

Конструкція труби являє собою композицію, внутрішній шар якої виконано із поліпропілену і є герметизуючим, на нього нанесена склосітка, а зовнішній несучий шар складається зі склотканини, проживленої епоксидною смолою (компаундом на її основі).

Разом із виробництвом труб було розроблено технологію їх з'єднання в польових умовах, яка забезпечувала герметичність з'єднання та його несучу здатність. Для отримання герметичного з'єднання до обох кінців кожної труби накладним швом приварювалися оголовки із поліпропілену спеціальної конструкції.

У польових умовах склопластикові труби з такими оголовками зварювалися між собою нагрітим інструментом встик на звичайних установках, призначених для зварювання труб із термопластів.

Для надання несучої здатності з'єднанню труб після зварювання на нього насувалася склопластикові муфта, попередньо її посадкове місце на кінцях труб після зварювання очищалося та вкривалося компаундом на основі епоксидної смоли. Після посадки муфти проводилася термообробка (затвердіння) з'єднання. З цією метою використовувалися терморухлики, які живилися від переносних (2.5÷4 кВт) електростанцій.

З часом використання таких труб у промислових комунікаціях виявило недостатню стійкість поліпропіленового покриття під час монтажу в зимових умовах, багатоопераційність під час монтажу оголовок, недостатню стійкість тонкого внутрішнього покриття за наявності в транспортованому продукті твердих частинок.

Більш вдалою є конструкція комбінованої склопластикової труби, яка складається з внутрішнього поліетиленового шару, зовнішнього склопластикового та середнього шару з полімерного клею-розплаву, який з'єднує шари в єдину конструкцію. В даному випадку поєднано корозійну та ерозійну стійкість поліетиленової герметичної оболонки та високу міцність склопластикової оболонки. Для з'єднання труб в трубопроводі спочатку зварюється встик поліетиленова оболонка, а потім за допомогою муфтового клеєного з'єднання стикуються склопластикові оболонки. Для приєднання трубопроводної арматури розроблено роз'ємні фланцеві та нероз'ємні обтискні з'єднання.

Порогом руйнування склопластикових комбінованих труб є руйнування склопластикових оболонок від граничних напружень, оскільки вони мають абсолютну герметичність. Тому такі труби можуть бути розраховані на високі робочі тиски, залежно від товщини стінки трубопроводу, враховуючи, що потенційна міцність склопластикових оболонок реалізується повністю.

Сьогодні ринок постачається трубою продукцією кількох видів: дво- та тришаровими трубами діаметром від 100 до 500 мм, розрахованими на робочий тиск від 1.6 до 20 МПа, для транспортування нафти та інших високоагресивних середовищ. У таблиці 1 наведено характеристики склопластикових труб АРМІПЛАСТ [5].

Можливість використання комбінованої склопластикової труби (ТСК) у промислових трубопроводних системах різного призначення обумовлена хімічною стійкістю внутрішньої

Таблиця 1 – Характеристики склопластикових труб АРМПЛАСТ

Внутрішній діаметр, мм	Параметри	Перекачувана рідина					
		Нафта з високим вмістом газу			Пластові стічні води		
		Робочий тиск, МПа					
		2.5	4.0	6.4	2.5	4.0	6.4
100	Товщина стінки, мм	5.5	6.0	6.0	3.0	3.5	4.0
	Вага погонного метра, кг	3.6	4.1	4.6	2.1	2.5	2.9
	Руйнівний тиск (не менше), МПа	12.5	20.0	30.0	12.5	20.0	30.0
160	Товщина стінки, мм	7.5	8.5	11.0	4.0	5.0	7.0
	Вага погонного метра, кг	8.3	9.6	11.9	4.7	6.4	7.8
	Руйнівний тиск (не менше), МПа	10.0	16.0	24.0	10.0	16.0	24.0
200	Товщина стінки, мм	8.5	10.5	12.5	4.5	6.5	8.0
	Вага погонного метра, кг	11.6	14.1	16.6	6.5	9.1	10.9
	Руйнівний тиск (не менше), МПа	10.0	16.0	24.0	10.0	16.0	24.0
250	Товщина стінки, мм	9.0	11.5	15.0	5.5	7.0	10.5
	Вага погонного метра, кг	16.2	20.7	27.0	9.9	12.6	18.9
	Руйнівний тиск (не менше), МПа	10.0	16.0	24.0	10.0	16.0	24.0
320	Товщина стінки, мм	10.0	13.0	18.3	6.5	8.0	13.5
	Вага погонного метра, кг	23.0	27.8	39.0	14.8	17.9	28.6
	Руйнівний тиск (не менше), МПа	10.0	16.0	24.0	10.0	16.0	24.0
400	Товщина стінки, мм	13.0	15.0	21.0	7.0	9.0	14.0
	Вага погонного метра, кг	34.0	39.1	54.2	18.8	23.8	37.6
	Руйнівний тиск (не менше), МПа	10.0	16.0	24.0	10.0	16.0	24.0
500	Товщина стінки, мм	17.0	19.5	25.5	8.0	10.5	17.0
	Вага погонного метра, кг	61.4	70.4	92.2	28.8	37.9	61.4
	Руйнівний тиск (не менше), МПа	10.0	16.0	24.0	10.0	16.0	24.0

Довжина труби – 1000÷11000 мм; температура перекачуваного середовища – до +90°C; короткотермінові теплові навантаження – до +120°C

Таблиця 2 – Хімічна стійкість склопластикових комбінованих труб до середовищ нафтогазопромислів

Транспортований продукт	Стійкість труб за температури		
	до 20°	40°	60°
Нафта нефракційна	С	С	У
Природний газ, що в основному складається з метану	С	С	С
Насичений водний розчин сірководню	С	С	С
Водний розчин (до 60%) сірчаної кислоти	С	С	С
Кисень	С	С	С
Парафін	С	С	С
Пластова, морська та прісна вода	С	С	С

С – стійкий, У – умовно стійкий, Н – нестійкий

оболонки (в основному поліетилен) до транспортованих продуктів за відповідних температур (таблиця 2) [6].

За кімнатної температури поліетиленова оболонка нерозчинна у більшості відомих розчинників, але набухає у вуглеводнях і їх галогенопохідних. Тому не рекомендується використовувати ТСК для транспортування скраплених вуглеводневих газів та продуктів, які міс-

тять 5% ароматичних або хлорованих вуглеводнів.

ТСК з поліетиленовою оболонкою допускається використовувати за температури не більше 60°C. Для трубопроводів, що транспортують продукти з температурою до 90°C використовуються ТСК з герметичною оболонкою з поліпропілену або його співполімеру.

Для контролю стану внутрішньої поверхні, оцінки залишкового ресурсу трубопроводу із ТСК рекомендується врізання в лінію або байпасом в трубопровід з'ємної вставки.

Таким чином, перевагами використання трубопроводів із склопластикових труб є:

- термін служби 25÷50 років; відсутність необхідності застосування електрохімічного захисту;
- хімічна стійкість;
- стійкість до мікробіологічної дії; мала вага (25% від ваги аналогічної сталевий труби);
- високі темпи будівельно-монтажних робіт;
- стійкість до замерзання транспортованого середовища;
- висока еластичність;
- відсутність компенсаторів;
- особливості конструкції суттєво зменшують можливість несанкціонованого врізання.

Інший важливий і принципово новий напрямок у виробництві труб – поліетиленові армовані синтетичними нитками труби (ПАСНТ).

Поліетиленові труби, армовані синтетичними нитками, призначені для будівництва трубопроводів із робочим тиском до 4.0 МПа за температури рідини, що транспортується до +80 °С. Зовнішній діаметр труб становить 63; 90; 110; 125; 140; 160 мм. Труби діаметром 63÷125 мм можуть надходити в бухтах, довжинами до 400 і до 170 м відповідно. Розрахунковий термін експлуатації таких труб на нафтопромислах – 25 років.

Поліетилен і поліефірні нитки, які використовуються для армування, мають достатню хімічну стійкість до всіх речовин, які містяться в продукції свердловин, а внутрішня поверхня залишається гладкою впродовж усього терміну експлуатації.

З'єднання ПАСНТ здійснюються зварюванням. Зварювання при цьому складається з двох операцій: зварювання нагрітим елементом встик із подальшим видаленням зовнішнього ґрату і посилення зварного шва за допомогою з'єднувальних терморезисторних муфт. Осьова міцність шва, звареного встик, є меншою за міцність труби, тому для його посилення застосовується терморезисторне муфтове зварювання.

Зварювальні роботи виконують за температури -15 ÷ +45°С. За широкого інтервалу коливання температур зварювальні роботи рекомендується виконувати в укриттях, що забезпечують дотримання заданого температурного інтервалу.

При монтажі трубопроводів із армованих труб, розрахованих на високі тиски, наприклад понад 2.0 ÷ 4.0 МПа, виникає питання про необхідність передбачення заходів із запобігання при зварюванні встик виходу кінців армування з ґратом всередину трубопроводу, тому що в такому випадку транспортоване середовище зможе проникнути по армуванню у внутрішній шар труби і зруйнувати її. Тому технологія зварювання встик нагрітим інструментом повинна виключати таку можливість.

Варто зазначити, що завдяки спрямованому армуванню, яке створює квазікоміркову структуру в стінці труби, у випадку механічного пошкодження трубопроводу в процесі експлуатації виключається поширення тріщини на всю трубу, що характерно при пошкодженні сталевих конструкцій.

За даними французької фірми «Тьюб д'Акітен» транспортування армованими поліетиленовими трубами газу та рідких середовищ за рахунок гладкості внутрішньої порожнини трубопроводу дає можливість заощаджувати 25% енергії, порівняно з транспортуванням сталевими трубопроводами.

За однакової вхідної потужності швидкість потоку в армованому поліетиленовому трубопроводі на 20% вище, ніж у сталевому. Ця обставина дає змогу досягти потрібної продуктивності поліетиленових труб меншого діаметру, порівняно зі сталевими трубопроводами.

В Україні перший нафтопровід із поліетиленових армованих труб високого тиску було побудовано СП «Каштан Петролеум Лтд» у серпні 2007 року. 700-метровий збірний трубопровід призначався для транспортування нафти і супутнього газу від нафтової свердловини №58 до ГЗУ-4 Леляківського родовища [7].

В даний час СП «Каштан Петролеум Лтд» експлуатує 5 км викидних трубопроводів Ø 90 мм на Леляківському родовищі та 2.1 км збірного колектора Ø 125 мм. На 2009 рік заплановане будівництво не менше 5 км нафтопроводів.

Порівняно з металевими трубами, ПАСНТ мають значні переваги: у процесі експлуатації не потребують обслуговування, адже вони корозійно стійкі. Викидний трубопровід, збудований від свердловини №58 експлуатується понад 1.5 року і функціонує надійно.

Сфера ефективного застосування ПАСНТ може бути поширена і на системи заводнявання нафтових пластів, технологічні водогони, від установок підготування подачі до кушової насосної станції. Робочий тиск у них – 1.6 ÷ 2.5 МПа.

Висновки

Таким чином, на даний час освоєно виробництво труб із термопластів, переважно з поліетилену, для транспортування нафтогазових середовищ під низьким (до 1.2 МПа) і високим (10,0÷20,0 МПа) тисками. Причому інший якісно новий конструктивний тип труб, призначений для транспортування середовищ під високими тисками, містить поліетиленові шари лише в якості внутрішньої герметизації, а силові напруження сприймаються спеціальними видами армувань.

Наявність унікальних науково-технічних розробок із використанням широкою гамою матеріалів із підвищеною тепловою, та хімічною стійкістю дає можливість розробляти та виготовляти труби з композитних матеріалів згідно вимог замовників. Оптимальне використання композитних матеріалів у різних галузях про-

мисловості в декілька разів збільшує довговічність, терміни безперебійної, безаварійної роботи обладнання та забезпечує значну економію засобів у процесі експлуатації.

Література

1 Мациборко В. Стеклопластиковые и стеклопластиковые комбинированные бипластмассовые трубы для систем нефте и газоснабжения / Мациборко В. // Инженерные сети из полимерных материалов. – 2005. – С. 20-23.

2 Шлапак Л.С. Еволюція поліетиленових матеріалів у процесі спорудження газопроводів / Шлапак Л.С., Панчук М.В., Сеніч О.О., Веріке П. // Науковий вісник. – 2009. – № 2. – С. 113-116.

3 Бухин В.Е. Полимерные материалы, используемые при строительстве трубопроводов / Бухин В.Е., Фаттахов М.М. // Трубопроводы и экология. – 2008. – № 2. – С. 2-7.

4 Зайцев К. Трубы из композитов / Инженерные сети из полимерных материалов. – 2003. – № 1. – С. 42-47.

5 Мазур И.И. Безопасность трубопроводных систем / Мазур И.И., Иванцов О.Н. – М.: ИЦ «Емма», 2004. – 1104 с.

6 Поспелов А. Б. Опыт применения стеклопластиковых комбинированных (бипластмассовых) труб при обустройстве нефтяных месторождений / Поспелов А.Б., Тараканов А.И., Шаклени О.В. // Трубопроводы и экология. – 2003. – № 3. – С. 24-25.

7 Білека А.О. Будівництво та експлуатація нафтогазопроводів з ПАСНТ / Білека А.О., Гаркот О.В., Будкевич В.М. // Инженерные сети из полимерных материалов. 2009. – № 1. – С. 22-24.

Стаття поступила в редакційну колегію

17.08.09

Рекомендована до друку професором

Грудзом В.Я.