



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 82568

(13) C2

(51) МПК (2006)

C22C 38/20

C22C 38/24

C22C 38/26

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) СТАЛЬ ПІДВИЩЕНОЇ КОРОЗІЙНОЇ СТІЙКОСТІ І ТРУБИ, ВИКОНАНІ З НЕЇ

1

2

(21) а200605361

(22) 16.05.2006

(24) 25.04.2008

(46) 25.04.2008, Бюл.№ 8, 2008 р.

(72) СОКУРЕНКО ВІКТОР ПАВЛОВИЧ, UA, ВАХ-
РУШЕВА ВІРА СЕРГІЙВНА, UA, ДЕРГАЧ ТЕТЯНА
ОЛЕКСАНДРІВНА, UA, СУХОМЛИН ГЕОРГІЙ
ДМИТРОВИЧ, UA, СЕВЕРІНА ЛЮБОВ СЕМЕНІВ-
НА, UA, САМСОНЕНКО АНТОН МИКОЛАЙОВИЧ,
UA, СОЯ ВОЛОДИМИР ІВАНОВИЧ, UA, ЗАХАР-
ЧЕНКО ВІКТОР ВАСИЛЬОВИЧ, UA, ПАНЧЕНКО
ВОЛОДИМИР ОЛЕКСАНДРОВИЧ, UA(73) ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО "НАУКОВО-
ДОСЛІДНИЙ ТА КОНСТРУКТОРСЬКО-
ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ ТРУБНОЇ ПРОМИС-
ЛОВОСТІ ІМ. Я.Ю. ОСАДИ", UA, ЗАКРИТЕ АКЦІ-
ОНЕРНЕ ТОВАРИСТВО "НІКОПОЛЬСЬКИЙ ЗА-
ВОД СТАЛЕВИХ ТРУБ "ЮТІСТ", UA

(56) UA 65717 C2, 15.03.2005

SU 276434 A1, 14.07.1970

SU 417525 A1, 28.02.1974

RU 2221875 C2, 20.01.2004

RU 2252972 C1, 27.05.2005

JP 11140586 A, 25.05.1999

US 4420335 A, 13.12.1983

(57) 1. Сталь підвищеної корозійної стійкості, яка
містить вуглець, марганець, кремній, хром, ніобій,алюміній, нікель, мідь, сірку, фосфор, залізо і не-
минучі домішки, яка **відрізняється** тим, що вона
додатково містить ванадій при наступному співвід-
ношенні компонентів, мас. %:

вуглець 0,04-0,065

марганець 0,40-0,65

кремній 0,15-0,40

хром 1,03-1,30

ніобій 0,02-0,06

ванадій 0,02-0,06

алюміній 0,02-0,06

нікель не більше 0,25

мідь не більше 0,25

сірка не більше 0,020

фосфор не більше 0,020

залізо і неминучі домішки решта,

при цьому вміст хрому, ніобію, ванадію, вуглецю і
марганцю повинен відповідати співвідношенню:
 $([Cr]+[Nb]+[V])/([C]+0,2[Mn]) > 6,5$.2. Безшовні труби підвищеної корозійної стійкості,
які **відрізняються** тим, що вони виконані зі сталі
за п. 1, що має величину вуглецевого еквіваленту,
обчислюваного за формулою:

$$C_{\text{екв}}(\%) = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}, \text{ не більше}$$

0,40, і смугастість структури не вище за 1,5 бала.

Винахід відноситься до металургії, а саме до складу низьколегированої сталі підвищеної корозійної стійкості для виробництва труб і виконаних з неї безшовних труб і може бути використаний при будівництві трубопроводів, зокрема нафтогазопроводів високої корозійної стійкості у водних нафтопромислових середовищах з підвищеним вмістом вуглекислого газу, вуглекислоти, хлоридів, сірководню, механічних домішок і інших складових, а також для транспортування пластових вод, нафти, нафтопродуктів і зволоженого газу і для інших призначень.

Звичайні вуглецеві сталі у вказаних умовах можуть піддаватися загальній і локальній корозії,

корозійному розтріскуванню під напругою, сірководневому корозійному розтріскуванню, водневій крижкості та ін., що призводить до кризних корозійних пошкоджень трубопроводу. Тому основними вимогами, що пред'являються до таких сталей, є висока стійкість проти різних видів корозійних руйнувань при достатній міцності, необхідній для трубопроводів, що працюють під тиском, а також високої в'язкості, холодостійкості та задовільній зварюваності. У зв'язку із значними об'ємами використання таких труб, їх вартість повинна бути порівняно низькою, що виключає можливість використання сталей з високим вмістом коштовних легуючих елементів.

(13) C2

(11) 82568

(19) UA

Відома сталь для виготовлення труб, що містить наступні компоненти, мас. %:

Вуглець	0,06-0,13
Кремній	0,15-0,40
Марганець	0,30-0,60
Хром	0,40-0,70
Молибден	0,08-0,15
Алюміній	0,01-0,07
Титан	0,005-0,09
Церій	0,002-0,05
Залізо	решта,

при цьому вміст церію, титану і алюмінію в сталі відповідає умові: $[Ce] > 2,5 \cdot 10^{-4} / [Al] + 0,8 [Ti]$, де $[Ce]$, $[Al]$, $[Ti]$ - вміст церію, алюмінію і титану відповідно, [патент РФ №2122045, МПК C22C38/28, опубл. 20.11.1998]. Дана сталь застосовується для виготовлення магістральних труб для перекачування нафтопродуктів в умовах північних широт і забезпечує стійкість труб до сульфідного корозійного розтріскування, хорошу зварюваність в умовах низьких температур з одночасним забезпеченням зносоустійкості. Проте, внаслідок недостатнього вмісту хрому, стійкість такої сталі, а, отже, труб з неї проти локальної корозії у водних середовищах, що містять іони хлору, невисока. Крім того, легування хромом і молибденом, а також мікролегування титаном і церієм призводить до збільшення вартості сталі і труб з неї.

Відома також сталь для виготовлення труб, що містить, мас. %:

Вуглець	0,24-0,28
Марганець	1,30-1,50
Кремній	0,15-0,35
Мідь	не більше 0,20
Хром	0,13-0,20
Молибден	0,15-0,60
Алюміній	0,007-0,05
Азот	не більше 0,02
Титан	0,02-0,04
Бор	0,0007-0,0025
Ніобій	0,02-0,10
Сірку	не більше 0,01
Фосфор	не більше 0,03
Залізо	решта,

[патент США №4784704, НКИ 148/334, МПК C22C38/22, опубл. 15.11.1998]. Дана сталь застосовується для виготовлення високоміцних зварюваних безшовних труб. Мінімальна межа текучості сталі $94,5 \text{ кг/мм}^2$, мінімальне видовження 15%. Не зважаючи на високу міцність і задовільну пластичність, корозійна стійкість такої сталі, а, отже і труб з неї, в середовищах нафтопромислів, особливо що містять хлориди і сірководень, недостатня. Крім того, унаслідок високого сумарного вмісту вуглецю, хрому і марганцю сталь і труби, виконані з неї, мають високий вуглецевий еквівалент, що погіршує їх зварюваність, особливо при негативних температурах, що обмежує їх використання.

Відома також сталь для виготовлення труб, що містить, мас. %:

Вуглець	0,13-0,17
Марганець	0,45-0,65
Кремній	0,17-0,37
Сірку	не більше 0,015
Фосфор	не більше 0,015

Хром	0,4-0,7
Ванадій	0,04-0,06
Алюміній	0,02-0,04
Нікель	не більше 0,2
Залізо	решта,

[Кірсанов В., Круцан Р., Радкевич О. та ін. / Вплив термічної обробки на опірність корозійному руйнуванню трубної сталі типу 20ХФ у сірководневих середовищах. // Фізико-хімічна механіка матеріалів. Львів. - 2002].

Вказана сталь і виконані з неї безшовні труби мають більш високу корозійну стійкість, а також високу міцність і володіють стійкістю проти сірководневого розтріскування під напругою і водневого розтріскування - після спеціальної термічної обробки. Проте стійкість проти загальної і локальної корозії у водних середовищах, що містять іони хлору, і в деяких інших - є недостатньо високою. Крім того, для забезпечення стійкості проти сірководневого корозійного розтріскування сталь і труби, виконані з неї, повинні піддаватися спеціальній термічній обробці - гартуванню і відпуску, що приводить до значних енерговитрат і до подорожчання вказаної металопродукції, що обмежує її використання.

Найближчим аналогом винаходу, що заявляється, є сталь для виготовлення труб, що містить наступні компоненти, мас. %:

Вуглець	0,07-0,30
Марганець	0,35-1,50
Кремній	0,15-0,70
Хром	0,05-1,00
Ніобій	0,01-0,06
Нікель	0,05-0,50
Мідь	0,05-0,50
Алюміній	0,01-0,05
Сірку	не більше 0,010
Фосфор	не більше 0,020
Кальцій	0,0008-0,0020
залізо і неминучі домішки, у тому числі кисень	решта.

Причому вміст вуглецю, марганцю і кремнію відповідає умові: $2[C] + 0,1[Mn] + 0,4[Si] < 0,63$, де $[C]$, $[Mn]$ і $[Si]$ - вміст вуглецю, марганцю і кремнію відповідно, мас. %, при цьому вміст алюмінію в кальцію в сталі не перевищує 3 включень у 1 мм^3 , вміст кисню складає не більше 0,3 вмісту алюмінію, а бал сульфідів складає не більше 1,0. Безшовні труби, виконані з цієї сталі, яка має омугастість структури не вище за 2 бали. [Патент РФ №2243284. МКИ C22C38/42. 27.12.2004].

Сталь і виконані з неї безшовні труби мають підвищену корозійну стійкість при збереженні міцності, в'язкості, холодостійкості при задовільних показниках вартості. Проте наявність в сталі алюмінію і кальцію і структурної неоднорідності (омугастість структури складає до 2 балів за ГОСТ 5640), а також недостатній вміст хрому може привести до пітингової та виразкової корозії у водних хлорид-вміщуючих середовищах (що містять до 150 г/л іонів хлору), і одночасно містять вуглекислоту та внаслідок цього характеризуються підвищеною кислотністю (рН менше 6,0). Результатом цього може бути передчасний вихід з ладу трубопроводів унаслідок локальних крізних коро-

зійних пошкоджень. Крім того, заявлене співвідношення вмісту вуглецю, марганцю і кремнію ($2[C]+0,1[Mn]+0,4[Si]<0,63$) не забезпечує стійкість проти сірководневого корозійного розтріскування. Холодостійкість і зварюваність сталі і виконаних з неї труб при температурах нижче мінус 60°C є недостатньо високою, що обмежує їх використання в умовах Крайньої Півночі.

В основі даного винаходу лежить рішення задачі по вдосконаленню сталі і труб, виконаних з неї, шляхом змінення складу сталі, співвідношення її компонентів і структурного стану - внаслідок чого забезпечується: підвищення стійкості проти локальної корозії сталі і труб, виконаних з неї, у високо агресивних нафтопромислових середовищах, що мають високу мінералізацію і містять до 150г/л хлористого натрію у поєднанні з вуглекислотою при підвищеній кислотності (рН менше 6,0), підвищення стійкості проти сірководневого корозійного розтріскування, стійкості проти водневої крижкості, а також підвищення холодостійкості та поліпшення зварюваності при монтажі трубопроводів, у тому числі в умовах північних широт, при задовільній вартості сталі і труб, виконаних з неї.

Поставлена задача вирішена тим, що по п.1. сталь, що містить вуглець, марганець, кремній, хром, ніобій, алюміній, нікель, мідь, сірку, фосфор, залізо і неминучі домішки, згідно винаходу, додатково містить ванадій при наступному співвідношенні компонентів, мас. %:

Вуглець	0,04-0,065
Марганець	0,40-0,65
Кремній	0,15-0,40
Хром	1,03-1,3
Ніобій	0,02-0,06
Ванадій	0,02-0,06
Алюміній	0,02-0,06
Нікель	не більше 0,25
Мідь	не більше 0,25
Сірка	не більше 0,020
Фосфор	не більше 0,020
Залізо і неминучі домішки	решта.

При цьому вміст хрому, ніобію, ванадію, вуглецю, марганцю повинен відповісти співвідношенню: $([Cr]+[Nb]+[V])/([C]+0,2[Mn])>6,5$. По п.2. безшовні труби, виконані зі сталі по п.1, яка має величину вуглецевого еквіваленту, обчислювану за формулою: $C_{екв.}(\%) = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr+V}{5} + \frac{Ni+Cu}{15}$, не більше 0,40, і смугастість структури не вище за 1,5 бали.

Співвідношення компонентів, які заявляються, одержані експериментальним шляхом.

Відмінність запропонованої сталі від найближчого з аналогів полягає у зменшенні вмісту вуглецю, збільшенні вмісту хрому, введенні до складу ванадію при дотриманні співвідношення $([Cr]+[Nb]+[V])/([C]+0,2[Mn])>6,5$. Безшовні труби, які виконані зі сталі по п.1. з величиною вуглецево-

го еквіваленту не більше 0,40 і смугастістю структури не вище за 1,5 бали.

Технічним результатом використання запропонованого складу є підвищення корозійної стійкості сталі і труб, що виготовляються з неї, в агресивних нафтопромислових середовищах з підвищеним вмістом вуглекислого газу, вуглекислоти, хлоридів, сірководню, механічних домішок і інших складових, підвищення холодостійкості при температурах до мінус 60°C, поліпшення зварюваності при монтажі трубопроводів - при збереженні високих механічних і в'язкопластичних властивостей, а також зменшення кількості технологічних операцій при виробництві труб і зниження їх вартості. У результаті це дає можливість експлуатувати труби в агресивних нафтопромислових середовищах без використання коштовних інгібіторів корозії, розширити області використання сталі і виготовлених з неї труб, у тому числі в умовах Крайньої Півночі, значно підвищити термін безаварійної експлуатації трубопроводів і поліпшити умови праці і навколишнього середовища.

Це пов'язано з тим, що збільшення вмісту хрому, зниження вмісту вуглецю і введення у склад ванадію при виконанні співвідношення $([Cr]+[Nb]+[V])/([C]+0,2[Mn])>6,5$ сприяє: утворенню однорідної (зі смугастістю нижче за 1,5 бали) структури, чистої по неметалевим включенням, особисто, по сульфідах марганцю; утворенню в процесі експлуатації сталі і труб з неї у водних нафтопромислових середовищах хлоркальцієвого типу, що містять хлориди, вуглекислоту і сірководень, - пасивної захисної оксидної плівки з підвищеним прибілизно у 2 рази у порівнянні з основним металом вмістом хрому, що підвищує стійкість проти локальної та загальної корозії, а також стійкість проти сірководневого корозійного розтріскування і водневої крижкості, крім того, підвищує міцнісні характеристики сталі і труб при збереженні високої в'язкості і пластичності і задовільної зварюваності при негативних температурах - за рахунок низького значення вуглецевого еквіваленту не більше 0,40.

Були одержані сталі з вмістом компонентів, які відповідають тим, що заявляються, а також які виходять за межі, що заявляються і склад, який відповідає найближчому з аналогів. Вказані склади приведені в таблиці 1.

Виплавлені сталі були розлиті у зливки діаметром 200мм, прокатані на трубні заготовки діаметром 120мм, а потім прокатані на автоматичній установці ТПА 140 у безшовні гарячедеформовані труби розмірами $\varnothing 114 \times 9,0$ мм. Труби зі сталей, відповідних тим, що заявляються, виготовляли за енергозберігаючою технологією нормалізаційної прокатки, без термічної обробки з окремого нагріву. Труби зі сталі складу за найближчим з аналогів додатково піддавали нормалізації при температурі 900-930°C з окремого нагріву.

Таблиця 1

Найменування компонентів сталі	Вміст компонентів % для сталей випробуваних складів:					
	1	2	3	4	5	6
Вуглець	0,035	0,045	0,065	0,040	0,15	0,24
Марганець	0,9	0,65	0,40	0,45	0,38	0,64
Кремній	0,25	0,38	0,18	0,15	0,50	0,20
Хром	0,90	1,03	1,11	1,30	1,35	0,45
Ниобій	0,08	0,06	0,04	0,02	0,01	0,04
Ванадій	0,07	0,06	0,04	0,02	0,01	-
Алюміній	0,01	0,02	0,06	0,02	0,07	0,04
Нікель	0,35	0,22	0,15	0,09	0,35	0,25
Мідь	0,35	0,20	0,15	0,08	0,35	0,25
Сірка	0,035	0,020	0,007	0,008	0,030	0,010
Фосфор	0,030	0,012	0,020	0,015	0,025	0,015
Кальцій	—	—	—	—	—	0,002
Залізо	решта					
$([Cr]+[Nb]+[V])/([C]+0,2[Mn])$	4,7	6,6	8,2	10,3	5,9	2,0
Смугастість структури, бал	2,0	1,0	1,5	1,0	2,5	2,0
Величина вуглецевого еквіваленту (Ce)	0,44	0,39	0,38	0,39	0,53	0,47
$2[C]+0,1[Mn]+0,4[Si]$	—	—	—	—	—	0,62
Вміст алюмініатів кальцію	не знайде-но	не знайде-но	не знайде-но	не знайде-но	не знайде-но	3 включ. у 1мм ³

Примітка: 2, 3, 4 - пропонувані склади сталі;

1,5 - склади із співвідношенням, що виходить за пропонувані межі;

6 - склад сталі, відповідний найближчому з аналогів.

На трубах визначали смугастість структури за ГОСТ 5640, а також відбирали зразки для проведення комплексних механічних і корозійних випробувань і випробувань на зварюваність. Випробування на розтягування проводили за ГОСТ 10006 на виточених зразках круглого перерізу з діаметром робочої частини 5мм і довжиною 50мм, випробування на ударну в'язкість при температурі мінус 60°С проводили за ГОСТ 9454 на подовжніх зразках з гострим надрізом (тип «Шарпі»), виготовлених з основного металу, і на зварних зразках; спеціальні корозійні випробування на стійкість проти локальної корозії, загальної корозії, сірководневого розтріскування і водневої крихкості - проводили за наступними методиками: 1) запропонованій в роботі Липовских В.М., Кашинского В.И., Реформатской И.И. и др. «Защита металлов». 1999, т.35 №6, с.653-655 (визначали швидкість розвитку пітингів у гарячій воді (парі) при температурі $(135\pm 15)^\circ\text{C}$, що містить 50мг/л хлор-іонів, 50мг/л сульфат-іонів і 20мг/л кисню, при pH 8,5-9,5, тривалість випробувань 3 місяці); 2) шляхом визначення потенціалів корозії сталей у 1Н розчині хлористого натрію електрохімічним методом - на

пласких зразках з робочою поверхнею 1см²; 3) за методом NACE TM 0177 (випробування на стійкість проти сірководневого корозійного розтріскування під напругою у середовищі складу: 5% хлористого натрію, 0,5% оцтової кислоти, 3000мг/л сірководню, при pH=4-5 і розтягуючій напрузі, що дорівнювала 70% від межі текучості сталі ($0,7 \sigma_{0,2}$), протягом 720 годин - на зразках круглого перерізу з діаметром робочої частини 6,2мм; 4) за методом NACE TM 0284 (випробування пласких зразків на водневу крихкість у розчині методу NACE TM 0177 протягом 92 годин); 5) випробування на загальну корозію пласких зразків у розчині методу NACE TM 0177, але без сірководню; 6) у нафтопромисловому середовищі нафтогазовидобувного управління «Охтирка-нафтогаз» Сумської обл., Україна, (вода хлоркальцієвого типу складу (г/л): HCO_3^- - 0,40; Cl^- - 146; $(\text{Na}^+ + \text{K}^+)$ - 54,2; Ca^{2+} - 29,8; Mg^{2+} - 5,2; SO_4^{2-} - 0,66; $(\text{Br}^- + \text{I}^-)$ - 0,35; загальна мінералізація - 235; CO_2 - 58,2мг/л; H_2S - 5-10мг/л; pH=4,8) - протягом 120 діб.

Результати проведених випробувань представлені в таблицях 2-3.

Таблиця 2

№ складу	Результати корозійних випробувань					
	за методикою 1): (швидкість локальної корозії, мм/рік)	за методикою 2): (потенціал корозії, мВ)	за методикою 3): (час до розтріскування зразків, години)	за методикою 4): (коефіцієнти довжини і ширини тріщин, %)	за методикою 5): (швидкість корозії, мм/рік)	за методикою 6): (швидкість корозії, мм/рік)
1	0,56-0,59	-420	523	418	0,35-0,38	0,33-0,43
2	0,35-0,38	-400	більше 720	0	0,11-0,12	0,09-0,12
3	0,33-0,37	-380	більше 720	0	0,09-0,11	0,07-0,11
4	0,26-0,31	-370	більше 720	0	0,09-0,10	0,07-0,09
5	0,35-0,46	-380	496	3 і 6	0,14-0,25	0,21-0,25
6	0,46-0,48	-430	565	3 і 6	0,26-0,31	0,36-0,48

Таблиця 3

№ складу	Механічні властивості					
	Межа міцності σ_b , Н/мм ²	Межа текучості $\sigma_{0,2}$, Н/мм ²	Відносне видовження δ_5 %	Ударна в'язкість KCV, Дж/см ²		
				KCV ⁻²⁰	KCV ⁻⁶⁰	KCV ⁻⁸⁰ (зварний шов)
1	430-440	330-340	24-25	175-185	155-165	80-85
2	485-495	359-368	35-45	280-300*	260-280*	200-210*
3	495-510	362-370	32-44	265-285*	250-260*	195-205*
4	485-505	365-376	33-39	260-280*	240-245*	190-195*
5	465-475	340-350	20-24	45-65**	43-53**	28-36**
6	465-480	335-345	24-25	75-82**	48-63**	37-44**

Примітка: * - частка в'язкої складової у зламі зразків після випробувань 80-100%;

** - крижкий злам зразків.

Аналіз представлених даних показує, що склади сталі варіантів 2-4, що відповідають формулі винаходу, забезпечують високі механічні властивості (межу міцності, межу текучості, відносне видовження), високі в'язкопластичні характеристики (ударну в'язкість при негативних температурах і 80-100% в'язкої складової у зламі зразків після випробувань), високу корозійну стійкість - проти локальної корозії (швидкість локальної корозії не більше 0,4мм/рік, потенціал корозії зразків у хлорид-вміщуючому середовищі позитивніше за мінус 400мВ), проти загальної корозії (швидкість корозії залежно від середовища складає 0,07-0,12мм/рік), проти сірководневого корозійного розтріскування під напругою (зразки не зруйнувалися у середовищі стандарту NACE TM 0177, що містить сірководень, за базовий час випробувань 720 годин при напрузі, яка дорівнювала 0,7 $\sigma_{0,2}$) і проти водневої крижкості (подовжні і поперечні тріщини на зразках після випробувань у сірководневому середовищі були відсутні), а також задовільну зварюваність і високі в'язкопластичні властивості звареного шва при негативних температурах.

Склади сталі і труб з позамежними значеннями (склади 1 і 5) мають у 1,5-2 рази більш низьку стійкість проти локальної корозії, у 2-5 разів більш низьку стійкість проти загальної корозії в агресивному нафтопромисловому середовищі, не витри-

мують випробування на стійкість проти сірководневого розтріскування за методикою NACE TM 0177. Крім того, склад 5 має недостатню ударну в'язкість сталі, труб з неї і зварного з'єднання при негативних температурах, що обмежує їх використання.

Сталь, що відповідає найближчому з аналогів (сталь 6), має понижену стійкість проти локальної і загальної корозії і проти сірководневого корозійного розтріскування, а також сталь, труби з неї і зварні з'єднання мають недостатні в'язкопластичні характеристики при негативних температурах, що обмежує їх використання.

Таким чином, використання запропонованої сталі підвищеної корозійної стійкості і труб, виконаних з неї, забезпечує значне підвищення стійкості проти локальної і загальної корозії у високо агресивних нафтопромислових середовищах, а також стійкість проти сірководневого розтріскування у поєднанні з високими механічними і в'язкопластичними властивостями і високою холодостійкістю, при задовільній зварюваності, у тому числі при температурах до мінус 60°C та невисокій вартості сталі і виготовлених з неї безшовних труб. Зрештою це приведе до значного підвищення терміну безаварійної експлуатації трубопроводів, поліпшення умов праці і навколишнього середовища.