

УДК 622.279:622.691.4

Мацук З.М., магістр
(ГУ «Державної служби України з питань праці
у Дніпропетровській області»)

Бунько Т.В., д-р техн. наук, ст. наук. співр.
(ІГТМ НАН України)

Сафонов В. В., канд. техн. наук, професор
(ДВНЗ «ПДАБА»)

ДО ПИТАННЯ ЕВАКУАЦІЇ ПРИРОДНОГО ГАЗУ З ДЕФЕКТНИХ ДІЛЯНОК МАГІСТРАЛЬНИХ ГАЗОПРОВОДІВ

Мацук З.Н., магістр
(ГУ «Государственной службы Украины по
вопросам труда в Днепропетровской области»)

Бунько Т.В., д-р техн. наук, ст. научн. сотр.
(ІГТМ НАН України)

Сафонов В. В., канд. техн. наук, професор
(ГВУЗ «ПГАСА»)

К ВОПРОСУ ЭВАКУАЦИИ ПРИРОДНОГО ГАЗА ИЗ ДЕФЕКТНЫХ УЧАСТКОВ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ

Matsuk Z.M., M.S (Tech.)
(MD «Government Service of Ukraine by the
Questions of Labour in the Dnepropetrovsk Region»)

Bunko T.V., D.Sc. (Tech.), Senior Researcher
(IGTM NAS of Ukraine)

Safonov V. V., Ph.D (Tech.), Professor
(SHEI «PSACEA»)

TO THE QUESTION EVACUATION OF NATURAL GAS FROM IMPERFECT AREAS OF DIVERSION GAS PIPELINES

Анотація. Основу ефективності капітальних і планових ремонтів магістральних газопроводів складає скорочення витрат. Істотною складовою витрат є газ, який стравлюється з газопроводів, які виводяться у ремонт, в атмосферу, а також витрати на сплату за вплив стравлювання газу на навколишнє середовище.

З метою зниження витрат під час планових ремонтів і обслуговування магістральних газопроводів пропонується технологія відкачування природного газу з ділянок магістральних газопроводів, виведених з роботи на період ремонту з використанням мобільних газоперекачуючих агрегатів, призначених для евакуації природного газу, який залишається у ділянці газопроводу, який виводиться з експлуатації, шляхом перекачування його в газопровід, що проходить паралельно, або за відключаючий запорний кран по ходу (проти ходу) газу. Охарактеризовано патенти на корисну модель, отримані з метою рішення цієї задачі.

Потенціал економії природного газу під час використання запропонованих технологій на об'єктах нафтогазової промисловості, може досягти 100 млн. м³ на рік і більше.

Ключові слова: магістральний трубопровід, скорочення витрат, стравлювання газу, ремонт трубопроводів.

Єдина газотранспортна система України (ЄГТСУ) характеризується високим рівнем моральної і фізичної зношеності технологічного обладнання та устаткування, а також низькою ефективністю роботи газоперекачувальних агрегатів компресорних станцій.

Близько 70 % загальної довжини газопроводів ЄГТСУ та близько 80 відсотків газоперекачувальних агрегатів компресорних станцій відпрацювали понад 20 років. В результаті тривалої експлуатації газопроводів відбувається їх поступовий знос та зниження технічних характеристик; внаслідок підвищення кількості втрат газу зростає ризик виникнення аварійних ситуацій, які можуть призвести до значних екологічних та економічних збитків [1,2].

Найбільше відмов та аварій (близько 80 %), які призвели до розгерметизації та розривів трубопроводів внаслідок викидів газу, вибухів та факельного горіння, сталося через дефекти зварних з'єднань та інші дефекти, закладені під час виконання будівельно-монтажних робіт, механічні втручання та корозію металу [3,4].

Суттєвою складовою витрат під час проведення капітальних і планових ремонтів магістральних газопроводів (МГ) є газ, що стравлюють в атмосферу з газопроводів, які виводяться в ремонт, а також витрати на штрафні санкції за негативний вплив стравлювання газу на навколишнє середовище.

Методи евакуації газу з ділянки МГ, яка підлягає ремонту, існують здавна. Перша згадка про них у технічній літературі була у 1970 році, а у 1988 році у другому виданні книги «Трубопроводный транспорт нефти и газа» (Москва: Недра, 1988. – С. 338-342) вже були перелічені усі існуючі на той час відомі способи і схеми підключення мобільного газоперекачувального агрегату (МГПА).

У той час існуючі технології орієнтувались на проектний тиск у МГ та, як наслідок, було неможливим (або дуже ускладненим) перекачування газу без підвищення тиску понад проектний, без понаднормових витрат енергії при компримуванні газу, або з низьким ККД МГПА в умовах поступового падіння тиску на «всасі»). Також тоді здавалось неможливим створення компактного, легкого (до 40т.) МГПА з дієвою установкою охолодження газу на виході з МГПА (зادля унеможливлення пошкодження ізоляційного покриття МГ).

Сьогодні тиск у МГ часто не проектний, та вже існують МГПА (створені іноземною промисловістю) з більшим за необхідний запасом налаштувань. Приклад такої установки наведено на рис. 1.

ТОВ «Науково-виробниче підприємство «35-й Механічний завод» (Російська Федерація) розробило і спільно з компанією LMF (Австрія) виготовило цілком нову унікальну установку, яка дозволяє не тільки виконувати роботи по евакуації газу з відключеної ділянки магістрального газопроводу, але й проводити пневматичні випробування газопроводу після проведення капітального ремонту з використанням природного газу.



Рисунок 1 – МГПА закордонного виробництва

МГПА змонтовано у контейнері з можливістю встановлення установки на напівпричепі тягача у відповідності до місцевих правил замовника і призначено для експлуатації у складних умовах на газових і нафтових родовищах.

Технічні параметри МГПА:

Тягач: IVECO-AMT 633910, 6x6, 420 к.с., вага ≈ 11 тн (Італія);

Причіп: ТОВ «Балтспецмаш», Калінінградська обл., спец. заказ 3-осний, вага ≈ 6 тн (Російська Федерація);

Силова установка :

Поршневий компресор BS 604 - 213 S 7 (LMF) (Австрія);

Привід: газовий двигун Caterpillar G 3512 (США);

Загальна вага установки с тягачем и причепом: ≈ 40 тн.

За умови відсутності аналогічних конкурентоспроможних вітчизняних розробок слід вважати що найближча перспектива – за розробкою нормативно-правової та технологічної бази використання у газовій промисловості України закордонних МГПА.

Проблема використання на практиці МГПА в Україні для евакуації газу полягає більше у нормативній площині та у відсутності у газових компаній «легалізованих» (з точки зору промислової безпеки) технічних рішень з цих питань. Проекти існуючих МГ не передбачають варіанти (способи) підключення до них МГПА. Деякі способи, такі, як «прямі врізки, під тиском» - досить небезпечні у використанні та потребують високоякісного обладнання та добре навченого персоналу, інші пов'язані зі стравлюванням великої кількості газу при підключенні МГПА.

Проведені патентні дослідження не виявили подібних запатентованих рішень як в Російській Федерації, так і в Україні. Безумовно, аналогічні (але не тотожні) рішення існують, і на практиці ці роботи набувають все більшого поширення в Росії, де правами на проведення робіт володіє Газпром, або приватні компанії, які мають МГПА. Надбання цими технологіями статусу запатентованих в Україні набагато спростить їх впровадження та закріпить аспекти інтелектуальної власності за Україною і, як наслідок, не потребує проходження процесу придбання їх у будь-яких інших власників.

У плані впровадження технологій евакуації газу у 2015 році за участю автора зареєстровано та оприлюднено три патенти України [5,6]:

а) Патенти України № 96340 та № 99367 «Спосіб контролю тиску у магістральних, технологічних та міжпромислових газопроводах». У них запропоновано:

1) спосіб евакуації газу з ділянки магістрального газопроводу яка підлягає ремонту, без стравлювання газу у повітря, зупинки технологічного процесу транспортування, внесення суттєвих змін у будову та подальшу безпечну експлуатацію магістральних газопроводів, які беруть участь у такому процесі, за рахунок його перекачування у інший магістральний газопровід або у наступну (попередню) ділянку цього ж магістрального газопроводу;

2) спосіб підключення до магістрального газопроводу для наповнення стисненим газом посудин, що працюють під тиском, без зупинки технологічного процесу транспортування, внесення суттєвих змін у будову та подальшу безпечну експлуатацію магістрального газопроводу, який бере участь у такому процесі;

3) спосіб перешкоджання несанкціонованій розгерметизації магістрального газопроводу за рахунок відкриття запірних пристроїв свічної лінії;

4) спосіб підключення до магістрального газопроводу для проведення його пневматичного або гідравлічного випробовування без внесення суттєвих змін у будову та подальшої безпечної експлуатації магістрального газопроводу, який бере участь у такому процесі;

б) Патент України № 100214 «Установка транспортування газу», у якому запропоновано спосіб акумулювання та подальшого використання газу, який підлягає стравлюванню у повітря під час виконання регламентних та ремонтних робіт на компресорних станціях магістральних газопроводів, на підземних сховищах газу, на установках комплексної підготовки газу газовидобувних підприємств, без внесення суттєвих змін у будову та подальшу безпечну експлуатацію вищезазначених об'єктів, за рахунок його надходження /перекачування у спеціально побудовані газгольдери.

Технологічні рішення, запропоновані у цих патентах, дають можливість безпечно знизити тиск газу у межах ділянки газопроводу будь-якої протяжності без стравлювання великих обсягів газу, а також можливість використання надлишку газу, який раніше стравлювався, на будь-які потреби. Використання них протягом впровадження закордонних (а у майбутньому – і вітчизняних) напрацювань у галузі роботи МГПА значно підвищить рівень промислової, екологічної безпеки та зменшить виробничі ризики у нафтогазовій галузі, що сприятиме отриманню економічного ефекту для газовидобувної галузі.

Аналіз закордонного ринку виконавців робіт (надання послуг) щодо перекачування природного газу під час проведення ремонтних робіт свідчить про те, що на об'єктах Газпрому у Росії (з 2013 року) такі послуги вже надають більш ніж 10 компаній і про їх незалежність від Газпрому, тобто підрядному способі організації робіт оператором ГТС. Досвід Східної та Західної Європи, США ще більш обширний.

Загальний аналіз ринку потенційних виконавців робіт щодо перекачування природного газу під час проведення ремонтних робіт свідчить про те, що дану технологію можна використати як «стороннім» компаніям на потужностях оператора ГТС як послугу, так і самому оператору ГТС за умови внесення відповідних змін до нормативної бази, як комплекс енергозощаджуючих заходів.

Одноразове використання технології евакуації природного газу тільки на одній ділянці газопроводу дозволить зощадити природний газ в об'ємі близько 2160 тис. м³. Вхідні дані для орієнтовного розрахунку та результати наведені у табл. 1-3.

Таблиця 1 - Основні вхідні дані і припущення у розрахунках

№ п/п	Технічні характеристики	Од. виміру	Значення
1.	Довжина ділянки	км	30
2.	Діаметр трубопровода ділянки, яка відключається	мм	1400
3.	Температура газу у ділянці, яка відключається	С	12,8
4.	Початковий тиск газу у ділянці, яка відключається, абс	МПа	5,25
5.	Кінцевий тиск газу у ділянці, яка відключається, абс	МПа	1,079
6.	Щільність газу при температурі 293 °К і тиску 0,1013 МПа	кг/м ³	0,683
7.	Діапазон тиску (надл.) всмоктування	МПа	0,5-7,5
8.	Тиск (надл.) нагнітання МГПА, не більше	МПа	7,5
9.	Кількість ступенів стискання	шт.	1-2
10.	Продуктивність МГПА в діапазоні тиску перекачування від 7,0 МПа (абс) до 1,0 Мпа (абс) при температурі навколишнього повітря від -40 до + 30 °С	м ³ /год	38435
11.	Час проведення робіт, не більше	год	100
12.	Розрахунковий об'єм газу, що знаходиться у трубі під час проведення капітального ремонту	тис. м ³	2 750
13.	Розрахунковий об'єм газу, що стравлюється після відкачування за допомогою МГПА	тис. м ³	590
14.	Газ, що підлягає евакуації через МГПА	тис. м ³	2 160

Аналогічних планових перекачок, в середньому по Україні, вже сьогодні необхідно виконувати до 100 од. на рік, і це не враховуючи аварійних або позапланових. З розвитком технології і виходом оператора на належний рівень оцінки технічного стану трубопроводів, потреба у виконанні таких робіт буде зростати.

На даному етапі важко якісно та кількісно оцінити загальну економічну ефективність застосування методу, оскільки невідома множина базових параметрів, тобто не вибрано форму власності, організаційну форму, розрахунковий період, форму залучення коштів та ін.

В подальшому буде необхідно розрахувати:

- норму дисконта (у розрахунках економічної ефективності такого перекачування, як енергозощаджуючого заходу, норма дисконту найчастіше приймається з урахуванням ступеня ризику; у даному випадку проект буде здійснюватись з частковим використанням нових технічних і технологічних

рішень з модернізацією діючої технології. У середньому можна прийняти норму дисконту - 10%);

Таблиця 2 - Результати розрахунку витрат газ-екологія

№ п/п	Найменування параметрів	Всього
1.	Кількість ділянок, які ремонтуються з використанням МГПА	1
2.	Розрахунковий об'єм газу, що знаходиться у трубі до проведення ремонту, тис. м ³ .	2750
3.	Розрахунковий об'єм газу, що стравлюється після відкачування з допомогою МГПА, тис. м ³	590
4.	Об'єм газу, що підлягає евакуації через МГПА, тис. м ³ .	2160
5.	Ціна газу, \$ /1000 м ³ .	265
6.	Вартість стравленого газу без проекту, тис. \$.	728,75
7.	Вартість стравленого газу з проектом, тис. \$.	156,35
8.	Вартість заощадженого газу, тис. \$.	572,4
	Орієнтовна плата за викиди, \$/1000 м ³ .	4
10.	Сумарна плата за викиди без проекту, тис. \$.	11,0
11.	Сумарна плата за викиди з проектом, тис. \$.	2,36
12.	Сумарна економія плати за викиди, тис. \$.	8,64
13.	Сумарні фінансові втрати без використання технологій збереження газу, тис. \$.	739,75
14.	Сумарні фінансові втрати з використанням МГПА, тис. \$.	158,71
15.	Економія всього, тис. \$.	581,04

- амортизаційні відрахування;
- експлуатаційні витрати МГПА;
- заробітні платні;
- податки, та ін.

Таблиця 3 - Результати розрахунку поточних витрат на проведення мір

№ п/п	Найменування параметрів	Всього
1	Проектно-дослідницькі роботи, тис. \$.	4
2	Ціна перекачування за допомогою МГПА, \$/1000 м ³	28
3	Ціна перекачування за допомогою МГПА, тис.\$/2160 тис. м ³	60,48
4	Реконструкція двох кранових вузлів, тис. \$.	35,4
5	Вартість перекачування, тис. \$.	100
7	Всього витрат:	227,88
8	Простий строк окупності (оренда МГПА и тягача)	Одне перекачування
9	Строк окупності при вартості МГПА і тягача до 1000000\$	Два перекачування

ВИСНОВКИ

Результати попередніх розрахунків свідчать про достатню економічну ефективність даного енергозаощаджуючого заходу. Передбачуваний прогноз зростання цін на природний газ приведе тільки до збільшення ефективності проекту.

У міру створення типових проектних рішень реконструкції МГ, створення вітчизняною промисловістю власного МГПА, розвитку технології і оснащенні майданчиків кранів магістральних газопроводів України запатентованими вузлами підключення МГПА, значно знизиться собівартість робіт. У половині випадків реконструкція буде необхідна одному крановому вузлу, що відразу знизить собівартість на 15000\$. У міру розвитку технології стане можливим безпечно відбирати газ в будь-якій точці країни для заправки автомобілів за допомогою пересувних газових заправників, або на будь-які інші потреби.

Результати розрахунків представлені без урахування використання стаціонарної акумулюючої технології на компресорних станціях, підземних сховищах газу, газорозподільних станціях, установках комплексної підготовки газу і будь-яких інших об'єктах трубопровідного транспорту.

Запропоновану технологію також можна використовувати для заповнення газом (до проектного тиску) газопроводів, які вже не потрібні Україні в транзитному сенсі. Таким чином їх дешевше використовувати, ніж демонтувати, потенційно позбавляючись, при цьому, транзитних потужностей.

Дані технології:

- можливо застосовувати як послугу з перекачування газу, так і в комплексі, як енергозберігаючий захід на базі газотранспортних компаній. Оплату за таку послугу можна одержувати і грошима, і газом в будь-якій точці України. Газ в будь-якій точці України можна реалізувати через мережу заправок, пересувних заправників або через газорозподільні організації;

- можуть знизити витрати газотранспортних і газодобувних підприємств «на власні потреби», таким чином понизивши тарифи;

- дозволять територіальним підрозділам газотранспортного підприємства виконувати багато ремонтних робіт, не чекаючи зміни сезонів (кінця опалювального періоду);

- скоротять міжремонтні терміни виконання ремонтних робіт і виключать вживання так званого доремонтного «спрацьовування» газу на крупного споживача. Це «спрацьовування» врешті-решт веде до додаткових енергетичних витрат та суттєво знижує рівень промислової безпеки МГ.

Передбачуваний в патентах спосіб усунення витоків газу на свічних лініях (що утворюються унаслідок негерметичності затворів запорної арматури), у разі його вживання, принесе робочі місця людям, які робитимуть заглушки, фланці, патрубки свічок, реконструювати вузли кранів і т.д., розв'яже проблему «вимушеного» витоку і підвищить безпеку газопроводів.

Важливо розуміти, що газ, який підбурюється або витікає в повітря, мало того, що перестає бути товаром, але за нього потрібно ще платити екологічні

збори.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Концепція розвитку, модернізації і переоснащення газотранспортної системи України на 2009-2015 роки: ухвалено Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 21 жовтня 2009 р. № 1417.
2. Федорович, І.В. Надійність експлуатації лінійної частини магістральних газопроводів та дослідження причин аварійності / І.В. Федорович // *Агросвіт*. – 2013. - № 5. – С. 13-18.
3. Банахевич, Ю.В. Циклічна міцність труб з поверхневими тріщинами / Ю.В. Банахевич, О.Є. Андрейків, М.Б. Кіт // *Розвідка та розробка нафтових та газових родовищ*. – 2009. - № 1(30). – С. 23-28.
4. Мазур, І.І. Безопасность трубопроводных систем / И.И. Мазур, О.М. Иванцов. – М.: ИЦ «Елима», 2004. – 243 с.
5. Патент № 99367 UA, МПК (2015.01) F17D 1/00. Спосіб контролю тиску у магістральних, технологічних або міжпромислових газопроводах / З.М. Мацук, О.О. Мацук, О.І. Кобеза; заявники і патентовласники З.М. Мацук, О.О. Мацук, О.І. Кобеза. – u2015 00629; заявл. 26.01.2015; опубл. 25.05.2015, Бюл. № 10. – 9с.
6. Патент № 100214 UA, МПК (2015.01) F17D 1/00, F17D 5/00 F25J 3/00. Установка транспортування газу / З.М. Мацук, В.М. Андрусів; заявники і патентовласники З.М. Мацук, В.М. Андрусів. – u2015 01759; заявл. 02.03.2015; опубл. 10.07.2015, Бюл. № 13. – 6 с.

REFERENCES

1. *Kontseptsiya rozvytku, modernizatsii i pereosnashchennya gazotransportnoi systemy Ukrainy: ukhvaleno Rozporyadzhennyam Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 21 zhovtnya 2009 r. № 1417* [Conception of development, modernizations and retooling of the gas-transport system of Ukraine on 2009-2015 years: accepted by Direction Cabinet of Ministers of Ukraine from October, 21, 2009, № 1417] (2009).
2. Fedorovich, I.V. (2013), «Reliability exploitations of linear part of header gas pipelines and research of reasons of accident rate», *Agrosvit*, no. 5, pp. 13-18.
3. Banakhevich, Yu.V., Andreykiv, O.Ye. and Kit, M.B. (2009), «Cyclical durability of pipes with superficial cracks», *Prospectsng and development of oil and gas deposits*, no. 1(30), pp.. 23-28.
4. Mazur, I.Ye. and Ivantsov, O.M. (2004), *Bezopasnost truboprovodnykh system* [Safety of pipeline systems], IC «Elima», Moscow, RU.
5. Matsuk, Z.M., Matsuk, O.O. and Kobeza, O.I. (2015), *Sposib kontrolyu tysku u magistralnykh, tekhnologichnykh ili mizhpromyslovykh gazoprovodakh* [Method of control of pressure in header, technological or interindustrial gas pipelines], Dnepropetrovsk, UA, Patent № 99367 UA.
6. Matsuk, Z.M. and Andrusiv, V.M. (2015), *Ustanovka transportuvannya gazu* [Setting of transporting of gas], Dnepropetrovsk, UA, Patent № 100214 UA.

Про автора

Мацук Захар Миколайович, магістр, начальник відділу нагляду у хімічній та газовій промисловості, Головне управління Державної служби з питань праці у Дніпропетровській області, Дніпропетровськ, Україна, m.zahar@i.ua.

Бунько Тетяна Вікторівна, доктор технічних наук, старший науковий співробітник у відділі проблем розробки родовищ на великих глибинах, Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Національної академії наук України (ІГТМ НАН України), Дніпропетровськ, Україна, bunko2007@mail.ru

Сафонов Володимир Васильович, академік Міжнародної академії безпеки життєдіяльності, кандидат технічних наук, професор кафедри безпеки життєдіяльності Державного вищого навчального закладу «Придніпровська державна академія будівництва і архітектури (ДВНЗ «ПДАБА»)), Дніпропетровськ, Україна, safonov@ua.fm.

About the author

Matsuk Zakhar Mykolayovych, Master of Science, Chief of Department of Supervision in Chemical and Gas Industry, Main Administration of Government Service on the Questions of Labour in the Dnepropetrovsk region, Dnepropetrovsk, UA, m.zahar@i.ua.

Bunko Tatjana Viktorovna, Doctor of Technical Sciences (D.Sc), Senior Researcher, Senior Researcher in Department of problems of underground mines in great depths, M.S. Poljakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine,

bunko2007@mail.ru

Safonov Vladimir Vasilevich, Academician of the international Academy of Life Protection, Candidate of Technical Sciences (Ph.D), Professor of the Department of Safety of Vital Functions, State Higher Education Institution "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture" (SHEI "PSACEA"), Dnepropetrovsk, Ukraine, safonov@ua.fm

Аннотация. Основу эффективности капитальных и плановых ремонтов магистральных газопроводов составляет сокращение расходов. Существенной составляющей расходов является газ, который стравливается из выводящихся в ремонт газопроводов в атмосферу, а также расходы на уплату за влияние стравливания газа на окружающую среду.

С целью снижения потерь при плановых ремонтах и обслуживании магистральных газопроводов предлагается технология откачивания природного газа из участков магистральных газопроводов, выведенных из работы на период ремонта с использованием мобильных газоперекачивающих агрегатов, предназначенных для эвакуации природного газа, остающегося в выводимом из эксплуатации участке газопровода, путем перекачивания его в проходящий параллельно или за отключающий запорный кран по ходу (против хода) газа. Охарактеризованы патенты на полезную модель, полученные с целью решения этой задачи.

Потенциал экономии природного газа при использовании предложенных технологий на объектах нефтегазовой промышленности, может достичь 100 млн. м³ на год и больше.

Ключевые слова: магистральный трубопровод, сокращение расходов, стравливание газа, ремонт трубопроводов.

Abstract. Basis of efficiency of major and planned repairs of diversion gas pipelines is made by the cutback of spending. Gas, which etch from gas pipelines, which hatch in repair, in an atmosphere, and also charges in satisfaction of etching gas on an environment, is the substantial constituent of charges.

With the purpose of decline of losses during the planned repairs and maintenance of diversion gas-send-off technology of pumping out of natural gas from the areas of diversion gas pipelines, shown out of work on the period of repair with the use of the mobile gas-transportation aggregates, intended for evacuation of natural gas, which remains in the area of gas pipeline which hatches from exploitation, is offered, by pumping over of him in a gas pipeline, that passes parallel, or for a disconnecting baring faucet on motion (against motion) of gas. The patents on an useful model, got with the purpose of decision of this task, are described.

Potential of natural gas economy during the use of the offered technologies on the objects of oil and gas industry, can attain 100 million cubic metres on a year and anymore.

Keywords: diversion pipeline, cutback of spending, etching of, repair of pipelines.

Статья поступила в редакцию 20.04. 2016

Рекомендовано к печати д-ром техн. наук В.Ф. Монастырским