

## ТАНДЕМ МАШИН ДЛЯ РОЗКРИВАННЯ ТА ПІДКОПУВАННЯ ТРУБОПРОВОДУ

Дмитриченко М.Ф., доктор технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна

Білякович М.О., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна

Мусійко В.Д., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна

Кузьмінець М.П., доктор технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна

## TANDEM MACHINES FOR UNCOVERING AND UNDERMINING PIPELINE

Dmytrichenko M.F., Doctor of Technical Science, National Transport University, Kyiv, Ukraine

Biliakovych M.O., Ph.D., National Transport University, Kyiv, Ukraine

Musiiko V.D., Ph.D., National Transport University, Kyiv, Ukraine

Kuzminets M.P., Doctor of Technical Science, National Transport University, Kyiv, Ukraine

## ТАНДЕМ МАШИН ДЛЯ ВСКРЫТИЯ И ПОДКАПЫВАНИЯ ТРУБОПРОВОДА

Дмитриченко Н.Ф., доктор технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Биликович Н.А., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Мусийко В.Д., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Кузьминец Н.П., доктор технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина

**Постановка проблеми та її зв'язок з науковими завданнями.** Однією з головних задач компаній, що експлуатують магістральні трубопроводи, є забезпечення надійності та безпеки експлуатації труби. Основним методом рішення цієї задачі є своєчасний ремонт ізоляційного покриття трубопроводів. Тому останнім часом в Україні гостро стоїть проблема вдосконалення технології та техніки капітального ремонту (КР) лінійної частини магістральних трубопроводів. Пов'язано це з необхідністю забезпечення надійності та безпеки експлуатації стратегічно важливої трубопровідної системи, яка експлуатується тривалий час та стоїть на межі експлуатаційних відмов, через зношування її лінійної частини, переважно корозійне.

Аналіз інформаційних джерел показав що:

— з існуючих схем укладання магістральних трубопроводів (підземна, напівпідземна, наземна, надземна) 98% належить підземній схемі;

— вартість лінійної частини магістральних трубопроводів в середньому складає 50% його загальної вартості, а з урахуванням витрат на матеріали доходить до 85%;

— переважна частина магістральних нафто- та газопроводів змонтована з труб діаметром 530...1420 мм, більше половини з них потребує термінового капітального ремонту.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Традиційні технології капітального ремонту передбачають підйом труби, її підтримку, потребують залучення значної кількості землерийної техніки (бульдозерів, екскаваторів), кваліфікованого персоналу, є трудомісткими,

малопродуктивними та вельми затратними. Вони також передбачають використання великої кількості дорогих трубоукладачів для виконання допоміжних функцій.

Існуючі технології цілком не вирішують питання безпеки і якості виконання робіт. Аварійні ситуації не виключаються при розкритті труби екскаваторами, тому що безпека виконання цієї операції залежить винятково від кваліфікації машиніста. Підйом трубопроводу з ґрунтового ложа викликає непередбачені зміни напруженого стану труби, знижує гарантії надійності і якості як металу так і зварних стиків.

Для вирішення проблеми забезпечення високих темпів виконання ремонтно-відновлювальних робіт на магістральних трубопроводах було створено та налагоджено серійне виробництво комплексу машин підвищеної продуктивності для виконання КР магістральних трубопроводів діаметром 530...1220 мм із заміною ізоляції без підйому трубопроводу [1, 2]. Комплекс складається з послідовно працюючих машин:

- для пошарової розробки ґрунту (МПРГ);
- для розкриття трубопроводу (МРТ);
- машини підкопувальної роторної (МПР);
- машини для засипання та підбивання ґрунту під трубопроводом (МП).

Запропонована технологія та створена нова техніка [3, 4] концептуально відрізняються від відомих. Головною її перевагою є гарантія не пошкоджуваності труби при ремонті, багатократне прискорення темпу виконання робіт (у 5-7) разів, зменшення обсягів земляних робіт на 35-45%, відсутність трубоукладачів у технологічному процесі. Застосування на землерийних модернізованих машинах безперервної дії систем автоматичного контролю і керування робочим процесом [5] забезпечує автоматичний пошук труби і гарантії не пошкоджуваності труби при ремонті.

Дана робота відповідає напряму та завданням державної науково-технічної програми "Нафта і газ України до 2015 року" (постанова Кабінету Міністрів України № 125 від 17.02.95 р.).

**Основна частина.** Машина МВТ-2М [6], що входить до складу комплексу, призначена для розкриття трубопроводів діаметром від 720 до 1220 мм у ґрунтах I-IV категорій і може виконувати роботи при температурі навколишнього середовища від мінус 20 до плюс 40°C. Машина забезпечує:

- зняття шару ґрунту в межах до 0,4 м зверху трубопроводів і риття траншей із двох сторін від нього на відстані не менше 200±50 мм з утворенням приямків відносно нижньої твірної труби;
- евакуацію ґрунту в бруствер у ліву від трубопроводу сторону по ходу руху машини;
- контроль положення шасі машини і її робочого органа щодо трубопроводу в горизонтальній і вертикальній площинах;
- автоматичне керування положенням робочого органа у вертикальній і горизонтальній площинах.

Машина може працювати на поздовжніх ухилах трубопроводів до 15 градусів і забезпечує розкриття трубопроводів із радіусом кривизни в плані не менше 60 діаметрів труби.

Машина обладнана системою спостереження за віссю трубопроводу, що видає інформацію машиністу про рух за курсом, а також попереджувальною й аварійною звуковою сигналізацією при відхиленні від заданих режимів її роботи.

Керування машиною здійснюється машиністом із кабіни шасі й оператором із виносного пульта, між якими є радіозв'язок.

Машина підкопувальна роторна МПР-М [7] призначена для механізованого видалення ґрунту з-під трубопроводів у не мерзлих ґрунтах I-IV категорій при ремонті магістральних трубопроводів діаметром від 530 до 1220 мм за технологією без підйому труби і може виконувати роботи при температурі навколишнього середовища від мінус 20 до плюс 40°C.

Конструкція машини забезпечує її встановлення на трубопровід і зняття з нього без демонтажу, а також механізований процес заглиблення робочого органа під трубопровід. Машина має дві модифікації по типорозмірам трубопроводів:

- 1 тип - для трубопроводів діаметром 530, 630, 720 і 820 мм (МПР-М),
- 2 тип - для трубопроводів діаметром 1020 і 1220 мм (МПР-1М).

Машина може працювати на поздовжніх ухилах трубопроводів до 15 градусів і підкопувати трубопроводи, що мають радіус кривизни в плані не менше 60 діаметрів труби.

Розробка ґрунту під трубопроводом і транспортування його в прямки (рис. 1) забезпечується двома роторними робочими органами шнеко-фрезерного типу.

Живлення машини здійснюється від зовнішнього джерела електроенергії (пересувна електростанція) напругою 380 В, частотою 50 Гц, потужністю не менше 75 кВт.

Керування машиною здійснюється одним оператором із виносного пульта.

Створення нової техніки та технології капітального ремонту магістральних трубопроводів не дивлячись на її прогресивність не дозволило, на наш погляд, в повній мірі використати позитивний потенціал запропонованого поточного методу виконання капітального ремонту магістральних нафто- та газопроводів.

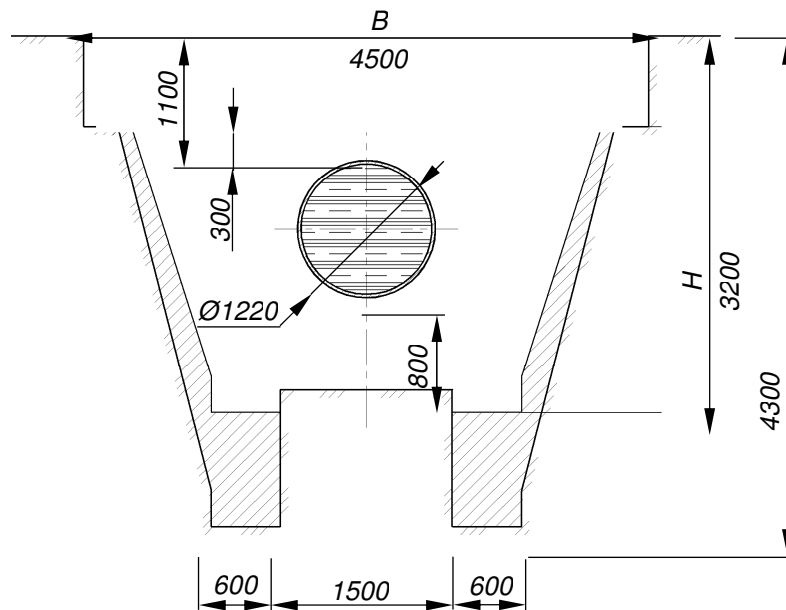


Рисунок 1 – Переріз траншеї при роботі МРТ і МПР, де В – ширина по верху; Н – глибина. Заштрихована частина перерізу – зменшення площі поперечного перерізу траншеї у порівнянні з евакуюванням розробленого МПР ґрунту у прямки

До існуючих недоліків комплексів землерийних машин слід віднести наступні:

— не контролюються відстані між працюючими одночасно машинами, особливо МРТ і МПР, а вплив цього фактора на напружено-деформований стан (НДС) труби, що ремонтується досить значний;

— відсутні засоби аварійного зупинення машин МРТ і МПР;

— для розміщення ґрунту, що розробляється під трубопроводом необхідне спорудження машиною розкриття трубопроводів спеціальних приямків обабіч трубопроводу, що призводить до завищеної глибини розроблювальних траншей, збільшення об'єму ґрунту, що розроблюється навкруг трубопроводу (рис. 1), можливого підтоплення трубопроводу ґрунтовими водами.

Ліквідувати, або в значній мірі нівелювати вказані недоліки можна, на наш погляд, шляхом доопрацювання конструкцій машин розкриття трубопроводів і підкопуючої роторної машини а також кардинальної зміни організації їх роботи.

В основу технічної пропозиції [8] покладено забезпечення підвищення ефективності працюючих послідовно одна за одною машин МРТ і МПР, шляхом того, що МРТ і МПР створюють тандем машин для розкривання і підкопування трубопроводу. Для цього МРТ оснащується евакуатором ґрунту конвеєрного типу, МПР додатково – відвальними закрilками, що перекривають вільний простір відкопаних по боках трубопроводу машиною МРТ траншей, закрilченими на кожухах роторів плужними зачищувачами. Положення зачищувачів відповідає профілю розроблених обабіч трубопроводу траншей. Машина оснащується також інтенсифікаторами переміщення ґрунту розробленого під трубою в напрямку робочого обладнання машини розкриття трубопроводу виконаними у вигляді лопатевих коліс чи скребоквих конвеєрів, встановлених і закрilчених на кінцях

валів роторів, що забезпечують формування призми волочиння розробленого МПР ґрунту в зоні робочих органів МРТ. Вони виконують функцію проміжних евакуаторів розробленою машиною МПР ґрунту під трубою до робочого обладнання машини розкриття трубопроводу і послідуного його переміщення за межі траншей з допомогою стрічкового конвеєра МРТ.

Необхідна постійна відстань між робочими органами МРТ і МПР встановлюється, виходячи з умови рівності швидкостей переміщення обох машин, що працюють в режимі копання ґрунту.

Мінімально допустима відстань між робочими органами МРТ і МПР забезпечується встановленими на МПР датчиком контролю відстані між ними та додатковою штангою з кінцевими вимикачами, що забезпечує аварійне зупинення машин та виключає їх зіткнення при роботі.

Суть технічної пропозиції удосконалення організації роботи машин пояснюється ілюстраціями, на яких зображені: на рис. 2, а – тандем машин МРТ і МПР (вид збоку); на рис. 2, б – те ж (вид зверху, тягач умовно не показаний).

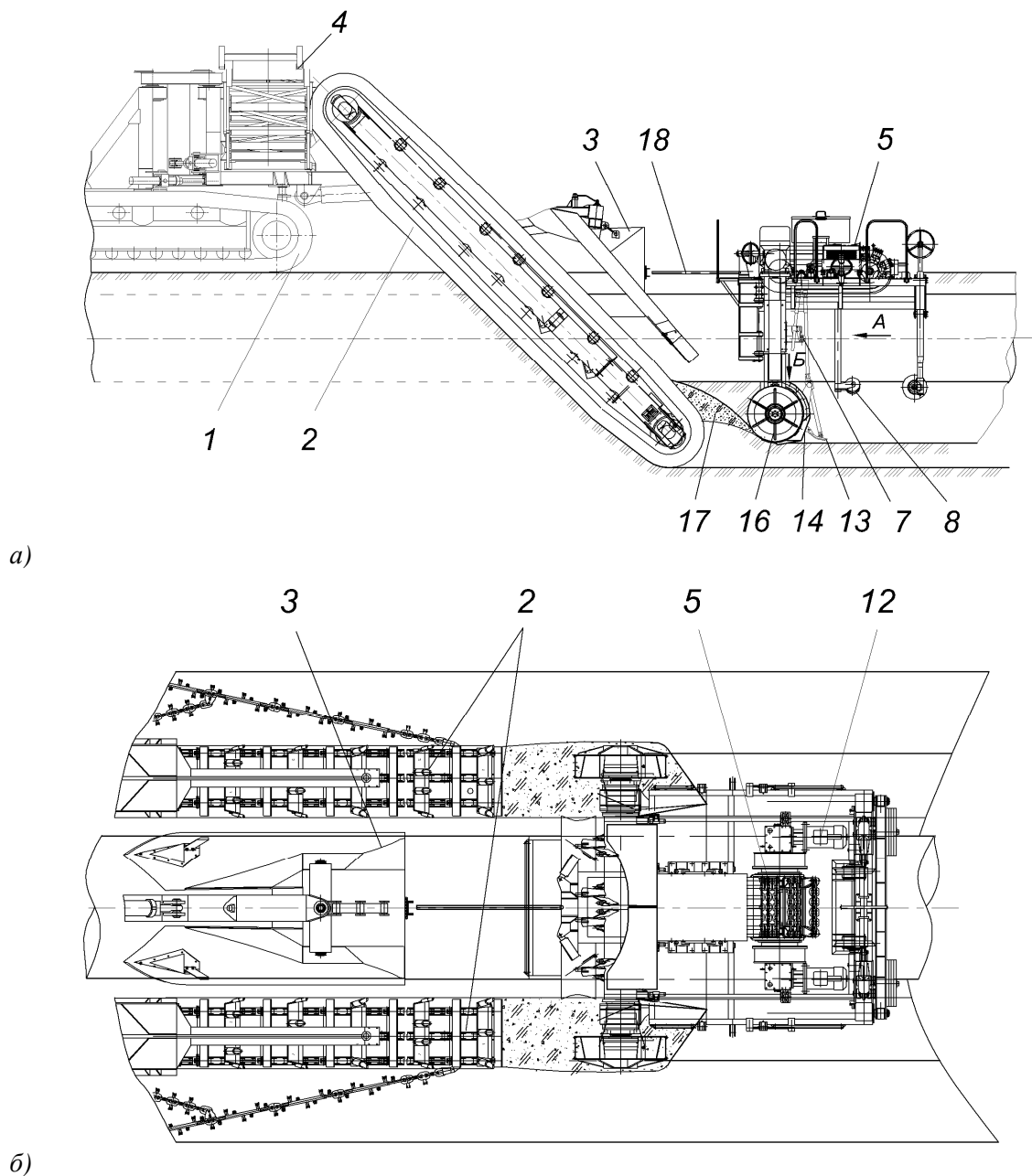


Рисунок 2 – Конструктивна схема роботи тандему машин МРТ і МПР: а – вид збоку; б – вид зверху

Поставлена задача підвищення ефективності виконання земляних робіт при капітальному ремонті магістральних трубопроводів вирішується:

- тим, що необхідна постійна відстань між робочими органами МРТ і МПР встановлюється, виходячи з умови рівності швидкостей переміщення машин;

- тим, що мінімально допустима відстань між робочими органами МРТ і МПР забезпечується встановленими на МПР датчиком контролю відстані між ними та додатковою штангою з кінцевими вимикачами для забезпечення аварійного зупинення машин та виключення їх зіткнення при роботі;

- тим, що в якості евакуатора ґрунту, розробленого МРТ і МПР, використовується стрічковий конвеєр встановлений на МРТ.

Завдяки перерахованим відмінним ознакам запропонованого технічного рішення досягається позитивний результат, суть якого полягає у зменшенні об'ємів виконання необхідних земляних робіт на 25..35%, віднесених на один погонний метр відремонтованого трубопроводу.

В кінцевому рахунку конструктивно тандем машин для розкривання та підкопування трубопроводу або іншого подібного підземного об'єкту, як показано на рис. 2, складається з машини МРТ, до складу якої входить базове шасі 1 з привідним двигуном внутрішнього згоряння, два робочих органи ланцюгового типу з привідними укисниками 2, які розроблюють траншеї обабіч труби з необхідними для забезпечення стійкості траншей укосами, копір-очишувач труби від ґрунту зверху неї, евакуатор розробленого ґрунту 4, гідросистема управління виконавчими органами, система автоматики, яка регулює положення машини відносно осі трубопроводу і відстані від робочих органів до труби.

До складу тандему входить також машина підкопувальна роторна МПР що має в своєму складі: трубохід 5 та механізми: фіксації 6, поперечної стабілізації 7, притискування 8. Робочий орган машини складається з двох симетрично розміщених роторів з горизонтальною віссю обертання 9, оснащених різцями 10 та автономними електромеханічними приводами 11. Трубохід 12 машини, а також дві опірні лижі 13 забезпечують переміщення машини по трубі та утримують її в горизонтальній площині за допомогою цих лиж, що шарнірно закріплені на кожухах роторів 14. Лижі опираються на дно траншеї, при цьому кожухи роторів виконують роль плужних зачисників. На кожухах зачисників встановлено закрilки 15, положення яких відповідає профілю розроблених обабіч трубопроводу траншей. Інтенсифікатори переміщення розробленого під трубою ґрунту у вигляді лопатевих коліс 16 чи скребкових конвеєрів, встановлені і закріплені на кінцях валів роторів, сприяють формуванню призм волочіння розробленого МПР ґрунту 17 перед робочими органами МРТ. Вони виконують функцію проміжного евакуатора цього ґрунту до робочого обладнання машини МРТ з допомогою якого ґрунт підіймається з траншеї, а потім стрічковим конвеєром переміщується у відвал збоку відкопаної виїмки.

Машина підкопувальна роторна МПР оснащується додатково датчиком контролю відстані між МРТ і МПР та штангою 18 з кінцевими вимикачами, що забезпечує при необхідності аварійне зупинення машин та виключає їх зіткнення.

Тандем машин працює наступним чином.

Рухаючись вздовж осі трубопроводу МРТ своїми робочими органами 2 розробляє обабіч трубопроводу траншеї необхідного профілю, одночасно знімаючи копiром-очишувачем 3 ґрунт зверху труби. Розроблений ґрунт евакуюється за межі траншеї конвеєром 4.

Слідом за МРТ рухається по трубі машина МПР, яка підкопує ґрунт під трубою роторними робочими органами 9, при цьому кожухами 14 з додатковими закрilками 15 і інтенсифікаторами 16 спрямовує розроблений під трубою ґрунт 17 на робочі органи МРТ, звідки він потрапляє на евакуатор ґрунту 4 МРТ і з нього – за межі траншеї.

Необхідну відстань між одночасно і синхронно працюючими МРТ і МПР підтримують відповідні автоматичні пристрої і штанга з кінцевими вимикачами 18.

Промислові випробування тандему машин показали ефективність його роботи. В цей час машини розкриття трубопроводів МРТ та підкопувача роторна МПР в тандемному режимі працюють в підприємстві "Придніпровські магістральні нафтопроводи" ВАТ "Укртранснафта", виконуючи капітальний ремонт магістрального трубопроводу.

**Висновки.** Конструктивне рішення об'єднання машин для розкривання та підкопування трубопроводу в єдиний тандем показало свою ефективність за результатами польових випробувань та

промислової експлуатації, забезпечуючи зменшення об'ємів виконуваних земляних робіт, порівняно з відомими самими сучасними технологіями їх виконання на 25...35 % в залежності від діаметра труби, що ремонтується.

В перспективі тандемне використання машин дозволить суттєво підвищити темпи виконання капітального ремонту газотранспортної системи України.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Василенко, С.К. Технология и комплекс технических средств для капитального ремонта магистральных нефтепроводов без подъема трубы / С.К. Василенко, А.В. Быков, В.Д. Мусийко // Трубопроводный транспорт нефти. М.: АК "Транснефть", 1994. – № 2. – С.28-32.

2. Філіпчук, І. Зроблено в Україні. Аналогів немає / І. Філіпчук // Нафта і газ. – 1999. – № 10. – С. 12-13.

3. Технология капитального ремонта магистральных нефтепроводов диаметром 530 – 1220 мм с заменой изоляции без подъема трубопровода с применением комплекса машин повышенной производительности ВБН В.3.1.–320.20077720.01– 2001. – 188 с.

4. Мусийко, В.Д. Опережая мировые разработки на 10-15 лет / В.Д. Мусийко // Нефтегазовая вертикаль. – 2002. – № 12. – С. 18-21.

5. Комплекс землерийних машин для капітального ремонту магістральних трубопроводів. – К.: НТУ, НДТЦ «Ротор», ДП «Завод ім. В.О. Малишева», ДАТ «ПДМН», 2009. – 34 с.

6. Пат. 20377 Україна МПК 6 E02F5/10, E02F5/08. Машина для розкривання трубопроводу і робочий орган / Биков О.В., Василенко С.К., Мусійко В.Д. та інші ; заявники та власники Акціонерне товариство відкритого типу Акціонерна комп. по трансп. нафти "Транснефть" (Ru); Підприємство Придніпр. магістр. нафтопров. (Ua); ТОВ Наук.-дос. та техніч. центр "Ротор" (Ua). – № 97010085 ; заявл. 09.01.1997 ; опубл. 25.12.1998, Бюл. № 6. – 20 с.

7. Пат. 17163 Україна МПК 6 E02F5/10, B62D55/20. Машина для підкопу трубопроводу і гусеничний ходовий пристрій / Биков О.В., Василенко С.К., Мусійко В.Д. та інші ; заявники та власники Акціонерне товариство відкритого типу Акціонерна комп. по трансп. нафти "Транснефть" (Ru); Підприємство Придніпр. магістр. нафтопров. (Ua); ТОВ Наук.-дос. та техніч. центр "Ротор" (Ua). – № 96093693 ; заявл. 25.09.1996 ; опубл. 25.12.1998, Бюл. № 6. – 14 с.

8. Пат. 94563 України, МПК E02F5/08, E02F5/06, E02F5/10, E02F5/14, E02F9/20. Тандем машин для розкривання та підкопування трубопроводу або іншого подібного підземного об'єкту / М.Ф. Дмитриченко, В.Д. Мусійко, М.О. Білякович, М.П. Кузьмінець, В.Х. Баланин, В.І. Савенок ; заявник та власник Національний Транспортний Університет (UA)– № а 2010 11837 ; заявл. 06.10.10 ; опубл. 10.05.11, Бюл. № 9. – 7 с.

#### REFERENCES

1. Vasylenko S.K., Bykov A.V., Musiiko V.D. Tekhnologiya i kompleks tekhnicheskikh sredstv dlya kapitalnogo remonta magistralnykh nefteprovodov bez podema truby [Technology and complex of technical means for the overhaul of the main oil pipe without lifting]. Truboprovodnyy transport nefiti - Pipeline transport of oil, 1994, no. 2, pp.28-32. (Rus)

2. Filipchuk I. Zrobлено v Ukraini. Analohiv nemaie [Made in Ukraine. No analogues]. Nafta i gaz – Oil and gas, 1999, no. 10. pp. 12-13. (Ukr)

3. Tekhnologiya kapitalnogo remonta magistralnykh nefteprovodov diametrom 530 – 1220 mm szfmenoy izolyatsii bez podema truboprovoda s primeneniem kompleksa mashyn povyshenoy proizvoditelnosti. V.B.N V.3.1.–320.20077720.01, 2001, 188 p. (Rus)

4. Musiiko V.D. Operezhaja mirovye razrabotki na 10-15 let [Outperforming global developments for 10-15 years ]. Neftegazovaya vertical - Oil and Gas Vertical, 2002, no. 12, pp. 18-21. . (Rus)

5. Kompleks zemlerynykh mashyn dlya kapitalnogo remontu magistralnykh truboprovodiv [Complex of ground-moving Machines for Pipeline Rehabilitation] – Kyiv.: NTU, NDTTS Rotor, DP Zavod im. V.O. Malysheva, DAT PDMN, 2009, 34 p. (Ukr)

6. Bykov O.V., Vasylenko S.K., Musiiko V.D. and others. Mashyna dlia rozkryvannia truboprovodu i robochyi organ [Machine for pipeline opening and working tool] Patent UA no. 97010085, 1997.

7. Bykov O.V/, Vasylenko S.K., Musiiko V.D. and others. Mashyna dlia pidkopu truvoprovodu i gusenychnyi khodovyi prystrii [Machine for digging under pipeline and caterpillar undercarriage] Patent UA no. 96093693, 1996.

8. Dmytrychenko M.F., Musiiko V.D., Biliakovych M.O., Kuzminets M.P., Balanin V.Kh., Savenok V.I. Tandem mashyn dlia rozkryvannia ta pidkopuvannia truboprovodu abo inshogo podobnogo pidzemnogo obektu [Tandem of machines for opening and digging under pipeline or other like underground object] Patent UA no. a 2010 11837, 2010.

#### РЕФЕРАТ

Дмитриченко М.Ф. Тандем машин для розкривання та підкопування трубопроводу / М.Ф. Дмитриченко, М.О. Білякович, В.Д. Мусійко, М.П. Кузьмінець // Управління проектами, системний аналіз і логістика. – К.: НТУ – 2013. – Вип. 12.

В статті викладено суть технічної пропозиції, реалізованої в промисловості, по створенню тандему машин для розкривання та підкопування магістральних трубопроводів при виконанні їх капітального ремонту.

Об'єкт дослідження – тандем машин для розкривання та підкопування трубопроводу.

Мета роботи – підвищення ефективності та продуктивності виконання земляних робіт при капітальному ремонті трубопроводів. Метод дослідження – експериментальний.

Земляні роботи при виконанні капітального ремонту магістральних газо- та нафтопроводів є визначальними в плані забезпечення необхідних темпів виконання ремонтних робіт та вартості їх виконання, тому зменшення їх об'ємів є актуальним завданням.

Виконанні авторами дослідження дозволили сформулювати гіпотезу про можливість зменшення об'ємів виконання земляних робіт віднесених до одного погонного метра (кілометра) відремонтованого трубопроводу. Суть гіпотези в тому, що при об'єднанні в єдиний тандем машин розкриття трубопроводу та підкопувальної роторної, ґрунт розроблений під трубою останньою машиною переміщується на робоче обладнання машини розкриття трубопроводу, а не у відкопані задалегідь приямки, і ним піднімається з забою та потім конвеєром до місця свого складування. Зменшення площі поперечного перерізу відкопаної виїмки на величину приямків, дозволяє зменшити об'єм виконуваних земляних робіт на 25...35% в залежності від діаметра труби, що ремонтується.

В технічному плані реалізація вказаної гіпотези потребує оснащення машини розкриття трубопроводу стрічковим конвеєром, а машини підкопувальної роторної додатковими інтерсифікатами-перевантажувачами.

Необхідна відстань між робочими органами машин забезпечується встановленням на машині підкопувальної датчика контролю відстані між ними та додаткової штанги з кінцевими вимикачами.

Висновки: Об'єднання машин для розкривання та підкопування трубопроводу в єдиний тандем показало свою ефективність в процесі промислової експлуатації машин, забезпечуючи зменшення необхідних об'ємів виконуваних земляних робіт на 25...35% в залежності від діаметра труби, що ремонтується. В перспективі тандемне використання машин дозволить суттєво підвищити темпи виконання капітального ремонту газотранспортної системи України.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ЗЕМЛЕРИЙНА МАШИНА, РОЗРОБКА ГРУНТУ, ТАНДЕМ МАШИН

#### ABSTRACT

Dmytrychenko M.F., Biliakovych M.O., Musiiko V.D., Kuzminets M.P. Tandem of machinery for stripping and digging under pipeline. Project management, system analysis and logistics. K.: NTU. 2013. Vol. 12.

The article states the essence of the technical proposal, realized in industrial sector, on the matter of creating a tandem of machinery for stripping and digging under long-distance pipeline during its general repair.

Object of research is a tandem of machinery for stripping and digging under pipeline.

Research objective is efficiency and productivity improvement of performing earthworks during general repair of pipelines.

Experimental research technique is used.

Earthworks during performing general repair of long-distance gas and oil pipeline are an essential factor while scheduling plan and cost calculation and therefore decreasing their volume is the actual target.

Research conducted by the authors has permitted to formulate the assumption about decreasing the volume of earthworks comparative to a linear meter (kilometer) of a repaired pipeline. The essence of the assumption is that the stripping machine and the digging under rotor machine are assembled into a single working unit, the soil dug up by the latter machine is moved to the working equipment of the stripping machine and not to the dib holes prepared beforehand and the soil is lifted to the transporter to the place of its storage. Reduction of area of transversal section of the dug hole to the value of dib holes allows to decrease the amount of earthworks by 25...35% depending on the recommended pipe size.

Technically realization of the stated assumption demands the stripping machine to be fitted with the belt transporter and the digging under pipeline rotor machine to be fitted with the additional loader attachment equipment.

The required distance between the working equipment of the machines is ensured by fitting the machine with distance sensor and the guide bar with proximity switches on the ends.

Conclusion: The assembly of the stripping machine and the digging under pipeline machine into a single working unit showed efficiency in the process of industrial operation of the machines, ensuring the reduction of the required volume of performing earthworks by 25...35% depending on the recommended pipe size.

In prospect the tandem machinery operation will substantially allow to increase the pace of performing of the general repair of the gas pipeline network of Ukraine.

#### РЕФЕРАТ

Дмитриченко Н.Ф. Тандем машин для раскрытия и подкапывания трубопровода / Н.Ф. Дмитриченко, Н.А. Билякович, В.Д. Мусийко, Н.П. Кузьминец // Управление проектами, системный анализ и логистика. – К.: НТУ – 2013. – Вип. 12.

В статье изложена суть технического предложения, реализованного в промышленности, по созданию тандема машин для раскрытия и подкапывания магистральных трубопроводов при выполнении их капитального ремонта.

Объект исследования – тандем машин для раскрытия и подкапывания трубопровода.

Цель работы – повышение эффективности и производительности выполнения земляных работ при капитальном ремонте трубопроводов.

Метод исследования – экспериментальный.

Земляные работы при выполнении капитального ремонта магистральных газо- и нефтепроводов являются определяющими в плане обеспечения необходимых темпов выполнения ремонтных работ и стоимости их выполнения, поэтому уменьшение их объемов является актуальным заданием.

Выполненные авторами исследования позволили сформулировать гипотезу о возможности уменьшения объемов выполняемых земляных работ отнесенных к одному погонному метру (километру) отремонтированного трубопровода. Суть гипотезы в том, что при объединении в единый тандем машин раскрытия трубопровода и подкапывающей роторной, грунт разработанный под трубой последней машиной, перемещается на рабочее оборудование машины раскрытия трубопровода, а не в откопанные заранее прямки, и им поднимается из забоя, потом конвейером к месту своего складирования. Уменьшение площади поперечного сечения откопанной выемки на величину прямков, позволяет уменьшить объем выполняемых земляных работ на 25...35% в зависимости от диаметра ремонтируемой трубы.

В техничном плане реализация указанной гипотезы требует оснащения машины раскрытия трубопровода ленточным конвейером, а подкапывающей роторной машины дополнительными интенсификаторами-перегрузателями.

Необходимое расстояние между рабочими органами машин обеспечивается установкой на подкапывающей машине датчика контроля расстояния между ними и дополнительной штанги с концевыми выключателями.

Выводы: Объединение машин для раскрытия и подкапывания трубопровода в единый тандем показало свою эффективность в процессе промышленной эксплуатации машин, обеспечивая



уменьшение необходимых объемов выполняемых земляных работ на 25...35% в зависимости от диаметра ремонтируемой трубы. В перспективе тандемное использование машин позволит существенно повысить темпы выполнения капитального ремонта газотранспортной системы Украины.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** ЗЕМЛЕРОЙНАЯ МАШИНА, РАЗРАБОТКА ГРУНТА, ТАНДЕМ МАШИН

**АВТОРИ:**

Дмитриченко Микола Федорович, доктор технічних наук, професор, ректор Національного транспортного університету, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова, 1.

Білякович Микола Олексійович, кандидат технічних наук, професор, перший проректор Національного транспортного університету, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова, 1.

Мусійко Володимир Данилович, кандидат технічних наук, професор кафедри дорожніх машин Національного транспортного університету, e-mail: [musvd@i.ua](mailto:musvd@i.ua), тел. +380501040262, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова, 1.

Кузьмінець Микола Петрович, доктор технічних наук, доцент кафедри дорожніх машин Національного транспортного університету, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова, 1.

**AUTHOR:**

Dmytrychenko Mikola F., Doctor of Technical Sciences, Professor, Rector National Transport University, Ukraine, 01010, m. Kyiv, vul. Suvorova, 1.

Biliakovych Mykola O., Ph.D., Professor, The First Vice Rector National Transport University, Ukraine, 01010, m. Kyiv, vul. Suvorova, 1.

Musiiko Volodimir D., Ph.D., Professor department of Road machines National Transport University, e-mail: [musvd@i.ua](mailto:musvd@i.ua), tel. +380501040262, Ukraine, 01010, m. Kyiv, vul. Suvorova, 1.

Kuzminets Mykola P., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor department of Road machines National Transport University, Ukraine, 01010, m. Kyiv, vul. Suvorova, 1.

**АВТОРЫ:**

Дмитриченко Николай Федорович, доктор технических наук, профессор, ректор Национального транспортного университета, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова, 1.

Білякович Николай Алексеевич, кандидат технических наук, профессор, первый проректор Национального транспортного университета, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова, 1.

Мусійко Владимир Данилович, кандидат технических наук, профессор кафедры дорожных машин Национального транспортного университета, e-mail: [musvd@i.ua](mailto:musvd@i.ua), тел. +380501040262, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова, 1.

Кузьмінець Николай Петрович, доктор технических наук, доцент кафедры дорожных машин Национального транспортного университета, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова, 1.

**РЕЦЕНЗЕНТИ:**

Сівко В.Й., доктор технічних наук, професор, Київський національний університет будівництва і архітектури, професор кафедри машин і обладнання технологічних процесів, Київ, Україна.

Кириченко І.Г., доктор технічних наук, професор, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, професор кафедри будівельних і дорожніх машин, Харків, Україна.

**REVIEWER:**

Sivko A.T., Engineering (Dr.), professor, Kyiv National University of Construction and Architecture, department The Chair of Machinery and Equipment for Technological Processes, Kyiv, Ukraine.

Kyrychenko I.H., Engineering (Dr.), professor, Kharkiv National Automobile and Highway University, Department of building and road machines, Kharkiv, Ukraine.