

УДК 624.132.3

АДАПТИВНА УСТАНОВКА ДЛЯ РОЗКРИВАННЯ ПІДЗЕМНИХ ТРУБОПРОВІДІВ

С.І. Лисак¹, В.Ю. Репін²¹магістр, викладач спецдисциплін, e-mail: sergej-lysak@ukr.net²магістр, викладач спецдисциплін, e-mail: repin0287@gmail.com^{1,2} Миколаївський будівельний коледж КНУБА, Миколаїв, Україна

Анотація. У роботі розглядаються актуальність та технічні аспекти розробки адаптивного робочого обладнання машини для розкривання підземних трубопроводів, що використовується під час їх капітального ремонту. Приведені підходи до математичного розрахунку оптимальних основних параметрів машини.

Ключові слова: ремонт, трубопровід, траншея, ґрунт, ківш.

ADAPTIVE EQUIPMENT FOR OPENING OF UNDERGROUND PIPELINES

Sergiy Lysak¹, Vladislav Repin²¹Master, teacher of special disciplines, e-mail: sergej-lysak@ukr.net²Master, teacher of special disciplines, e-mail: repin0287@gmail.com^{1,2} Mykolayiv building college KNUCA, Mykolayiv, Ukraine

Abstract. The relevance and technical aspects of the development of adaptive working equipment of the machine for opening underground pipelines used during their overhaul are considered in the work. Approaches to the mathematical calculation of the optimal basic parameters of the machine are given.

Keywords: repair, pipeline, trench, ground, bucket.

Вступ. Надійність трубопровідного транспорту України є надзвичайно важливим показником стабільності забезпечення західноєвропейських країн паливо-енергетичними ресурсами. Зважаючи на те, що система магістральних трубопроводів найбільш активно розвивалась у 1960...1980 роках, суттєва частина їх експлуатується із значним перевищенням терміну служби [1]. Внаслідок цього знижується експлуатаційна надійність магістральних трубопроводів, яка залежить від проведення своєчасного і якісного капітального ремонту.

Враховуючи старіння та високий знос основних фондів нафтогазотранспортних систем необхідно терміново вирішувати задачі в області діагностування та капітального ремонту лінійної частини трубопроводів, що дозволить суттєво підвищити надійність і безпеку роботи трубопровідних магістралей [2].

На експлуатаційну надійність підземних трубопроводів значно впливає корозія ізоляційного покриття, що виникає внаслідок інтенсивних процесів старіння. Зазвичай це приводить до частих аварій та зупинок при перекачуванні нафтопродуктів споживачам.

Нова технологія капітального ремонту передбачає відновлення працездатності без підйому труби із ґрунтового ложа по всій довжині ремонтної ділянки. Ремонт здійснюється шляхом застосування комплексу технологічно пов'язаних між собою спеціальних землерийних машин. Спочатку виконують розробку верхнього шару ґрунту, потім машиною із двохсекційним робочим органом [3] розкривають трубопровід зверху та по обидва боки. Для вільного проходження очисної та ізоляційної установки здійснюють видалення масиву ґрунту з-під трубопроводу додатковою підкопувально-роторною машиною. Після цього спеціальна підбивна машина ущільнює ґрунт під відновленим трубопроводом.

На практиці залучення значного парку технологічних машин для ремонту трубопроводів потребує значних фінансових вкладень, оскільки збільшуються витрати на перебазування техніки та її експлуатацію. Тому, розширення функціональних можливостей технічних засобів шляхом модернізації їх конструкції приведе до підвищення темпів виконання робіт та зменшення собівартості капітального ремонту трубопроводу. Це передбачає виконання однією машиною декількох операцій, що в свою чергу потребує детальної конструктивної розробки її улаштування.

Мета роботи полягає у розробці конструкції установки для повного розкривання магістрального трубопроводу за його периметром. Для цього необхідна адаптація конструктивних елементів машини для гарантованої розробки ґрунту по обидва боки від труби та його механізованого видалення з-під неї.

Матеріал і результати досліджень. У теперішній час застосовуються машини для розкривання трубопроводу [4, 5], що містять два приводні ланцюгові робочі органи, які розміщені паралельно один до одного і розробляють ґрунт зверху та по обидва боки від труби. Аналогічно можуть застосовуватись і роторні траншеєкопачі [6, 7]. Але у будь-якому із цих варіантів необхідно застосовувати додаткову техніку для підкопування трубопроводу, оскільки під ним залишається не розробленим ґрунт.

Ланцюговий траншейний екскаватор за технічними рішеннями [8, 9] здійснює перекидання осі траншеї в її забої нижніми частинами секцій, що забезпечує обвалення ґрунту під трубою. Недоліком є значна глибина траншеї, яка утворюється після проходження машини. Погіршується також стійкість екскаватора у транспортному та робочому положеннях, оскільки ланцюгові секції мають значну довжину.

здійснюється поворот нижньої частини рами 19. Площина обертання ковшового ланцюга 18 перпендикулярна повздовжній осі трубопроводу 21. Ковші 5 жорстко закріплені на торцевих пластинах ланцюга 18 за допомогою кронштейнів 20.

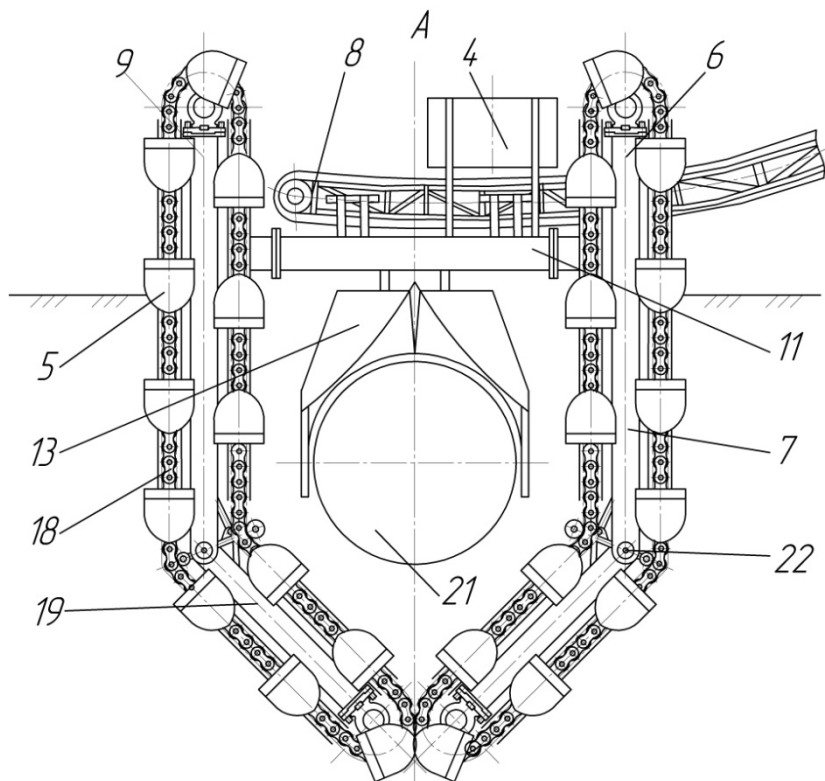


Рис. 2. – Багатоковшевий адаптований робочий орган поперечного копання, вид А на рис. 1

Ланцюгові багатоковшеві секції 6, 9 зміщені одна відносно одної в повздовжньому напрямку для запобігання контакту нижніх частин рам 19 під трубопроводом 21 при підкопуванні та перекриванні осі траншеї. Ковші 5 секції 9 розвантажують розроблений ґрунт при огинанні ланцюгом 18 приводної зірочки на транспортер 8, а ковші 5 секції 6 розвантажують розроблений ґрунт аналогічним чином на приймально-передавальну пластину 4 [12], звідки ґрунт подається на транспортер 8 і відвантажуються у бруствер. Для контролю за положенням робочого органу 10 відносно трубопроводу 21 машину оснащено слідкуючим засобом 14.

На початку роботи робоче обладнання 10 та слідкуючий засіб 14 встановлюють над попередньо розкритим трубопроводом 21. Гідроциліндрами 3 опускають підйомно-опускную раму 11 доки ланцюгові секції 6, 9 не розмістяться вертикально до дна забою та повздовжньої осі труби 21. Гідроциліндрами 12 опускають важіль та встановлюють візок 15 на трубопровід 21.

Механізмами повороту 16 повертають нижні частини рами 19 до перекривання осі траншеї. Перевіряють правильність орієнтації робочого органу 10 відносно труби 21 та за необхідності здійснюють коригування орієнтації землерийного обладнання. Після цього приводять в рух транспортер 8 та ковшовий ланцюг 18 і розпочинають переміщення базової машини 1 вздовж трубопроводу.

У процесі роботи установки ґрунт поверх трубопроводу 21 розробляється плугом 13 слідуючого засобу 14. Розробку та винесення ґрунту по обидва боки від труби 21 та під нею здійснюють ковші 5, що рухаються в напрямляючих 17 нерухомо закріпленої верхньої 7 та поворотної нижньої частини рами 19. Таким чином, трубопровід 21 повністю розкривається за його периметром.

Процес роботи модернізованої машини подібний до процесу роботи траншеєкопача поперечного копання, у якого площина руху базової машини та площина руху ланцюгового робочого органа знаходяться під прямим кутом. Тому, робоче обладнання модернізованої машини на підготовчому етапі проектування буде мати конструктивні параметри робочого органа екскаватора поперечного копання. В подальшому ж, розрахунок цих параметрів необхідно проводити згідно нової методики, оскільки робочі процеси цих машин дещо відрізняються.

Необхідна товщина стружки ґрунту – h , для наповнення ковшів визначається залежністю

$$h = qK_n / LbK_p = 0,1 \cdot 0,55 / 3,3 \cdot 1,4 = 0,04 \text{ м, де } q - \text{місткість ковша, м}^3; K_n - \text{коефіцієнт наповнення ковшів, } K_n = 0,35 \dots 0,75 \text{ (залежить від характеру ґрунту, товщини зрізаємої стружки, довжини та форми забою, кута нахилу рами секцій до забою); } L - \text{довжина робочого органа, що знаходиться в забої, м; } b - \text{ширина стружки ґрунту (ширина ковша), м; } K_p - \text{коефіцієнт розпушення ґрунту в процесі розробки (} K_p = 1,1 \dots 1,5).$$

Конструктивні параметри робочого органа приймаються на основі наступних емпіричних залежностей (місткість ковша q в літрах) [13]): крок ланцюга $t_n = (56,3 \dots 73,8) \sqrt[3]{q}$, довжина ковша $l_k = (2,6 \dots 2,8)t_n$, висота ковша $h_k = 1,45t_n$. Таким чином ці параметри матимуть наступні значення $t_n = 255 \text{ мм}$, $l_k = 663 \text{ мм}$, $h_k = 370 \text{ мм}$. Число одночасно копаючих ковшів $n_k = L/T + 1$, де T – крок розстановки ковшів (зазвичай приймають $T = (4 \dots 6)t_n = 4 \cdot 255 = 1020 \text{ мм}$). Тоді $n_k \approx 5$, але враховуючи те, що ковші модернізованого робочого органа розробляють ґрунт в двох напрямках (при русі вверху до місця розвантаження та при русі вниз до забою, див. рис. 2), число одночасно копаючих ковшів складе $n_k \approx 10$.

Енергетичні витрати на розробку траншеї адаптованим робочим органом:

$$e = \frac{3,6 \cdot 10^6 N_{PO}}{P_M}, \text{ Дж/м}^3, \quad (1)$$

де N_{PO} – потужність приводу ланцюгового робочого органа, кВт; P_M – продуктивність машини, $P_M = S_{II} v_M$; S_{II} – поперечний переріз ґрунту, який безпосередньо розробляється робочим органом, $S_{II} = S_{TP} - S_T$; S_{TP} – площа поперечного перерізу утвореної траншеї, $S_{TP} = 7,52 \text{ м}^3$; $S_T = \pi \frac{d^2}{2} = 3,14 \frac{1,22^2}{2} = 2,33 \text{ м}^3$ – площа поперечного перерізу трубопроводу, м^2 ; тоді $S_{II} = 7,52 - 2,33 = 5,19 \text{ м}^3$; $v_M = 80 \text{ м/год}$ – швидкість поступального руху машини при розкриванні трубопроводу діаметром $d = 1220 \text{ мм}$. Тоді продуктивність складе $P_M = 5,19 \cdot 80 = 415 \text{ м}^3$.

Потужність приводу робочого органа [12] визначається за формулою, кВт

$$N_{PO} = \frac{2S_{заг.л.} v_L}{1000\eta}, \quad (2)$$

де $S_{заг.л.}$ – сумарне тягове зусилля, яке необхідно створити на ланцюгах, Н; v_L – швидкість руху ланцюгів, $v_L = 0,7 \text{ м/с}$.

Тягове зусилля на ланцюгах, яке необхідне для роботи траншеєкопача в заданих умовах, визначається сумою різних опорів руху ланцюгів при розробці ґрунту. Таким чином, тягове зусилля $S_{заг.л.} = S_{л.к.} + S_{л.г.} + S_{л.тр.} + S_{л.тр.л.}$, де $S_{л.к.}$ – натяг ланцюгів від дотичних складових сил копання ґрунту, Н; $S_{л.г.}$ – натяг ланцюгів від ваги ґрунту в ковшах, Н; $S_{л.тр.}$ – натяг ланцюгів від опору їх тертя в направляючих та від ваги ланцюгів і ґрунту, Н; $S_{л.тр.л.}$ – сила тертя від нормальної складової сили копання, Н.

Натяг ланцюгів від дотичних складових сил копання ґрунту $S_{л.к.} = hbk_1 n_k = 0,04 \cdot 0,3 \cdot 30000 \cdot 10 = 3600 \text{ Н}$, де $k_1 = 30000 \text{ Па}$ – питомий опір копанню для ґрунту III категорії [14].

Вага ґрунту в одному ковші $g_{zi} = q K_n \gamma g = 0,1 \cdot 0,55 \cdot 1800 \cdot 9,8 = 970,2 \text{ Н}$, де $q = 0,1 \text{ м}^3$ – місткість ковша; $\gamma = 1800 \text{ кг/м}^3$ – густина розробляемого ґрунту; $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ – прискорення вільного падіння. Число ковшів, які наповнені ґрунтом і рухаються на ділянці L_1 ($L_1 = 1,465 \text{ м}$) від поверхні забою до місця розвантаження (приводного валу), $n'_k = L_1 / T + 1 = 1,465 / 3,3 + 1 \approx 2$. Тоді загальна вага ґрунту в ковшах $G_z = (n_k + n'_k) g_{zi} = (10 + 2) 970,2 = 11642,4 \text{ Н}$.

Натяг ланцюгів від ваги ґрунту в ковшах $S_{л.г.} = G_z \sin \alpha = 11642,4 \cdot 1 = 11642,4 \text{ Н}$, де $\alpha = 90^\circ$ – кут нахилу забою до горизонтальної площини (оскільки рами

ланцюгових секцій встановлюються перпендикулярно до горизонту). Загальна вага ланцюгів з ковшами $G_{\lambda} = 3 L m_{\lambda} g = 3 \cdot 3.3 \cdot 28 \cdot 9.8 = 2716 \text{ Н}$, де $m_{\lambda} = 28 \text{ кг}$ маса 1 м ланцюгів з ковшами. Натяг ланцюгів від опору тертю ланцюга в направляючих, від ваги ланцюга та ґрунту $S_{\text{л.тр.}} = (G_{\lambda} + G_z) \mu = (2716 + 11642,4) 0,08 = 1148,6 \text{ Н}$, де $\mu = 0,08$ – коефіцієнт тертя в шарнірах ланцюгів (при наявності мащення). Опір від нормальної складової сили копання спричинює виникнення сили тертя $S_{\text{л.тр.н.}} = 0,4 S_{\text{л.к.}} \mu = 0,4 \cdot 3600 \cdot 0,08 = 115,2 \text{ Н}$. Таким чином, сумарне тягове зусилля $S_{\text{заг.л.}} = 3600 + 11642,4 + 1148,6 + 115,2 = 16506,2 \text{ Н}$.

Тоді, потужність приводу робочого органу

$$N_{\text{РО}} = \frac{2 \cdot 16506,2 \cdot 0,7}{1000 \cdot 0,85} = 27,2 \text{ кВт.}$$

Підставивши розраховані значення потужності робочого органу $N_{\text{РО}}$ та продуктивності машини $\Pi_{\text{м}}$ в формулу (1), отримаємо енергоємність розробки ґрунту адаптованим робочим органом, яка складає $e = 0,23 \cdot 10^6 \text{ Дж/м}^3$. Для порівняння, при розкриванні трубопроводу ланцюговим траншеєкопачем [8] із встановленими під гострим кутом одна до одної ланцюговими секціями, енергоємність розробки ґрунту становить $e = 0,35 \cdot 10^6 \text{ Дж/м}^3$ [10]. Це означає, що застосування пропонованого робочого органу дозволяє зменшити питомі енерговитрати на розробку ґрунту на 30%, що доволі суттєво.

Висновки. Запропонована установка з адаптованим робочим органом для поперечного копання ґрунту значно розширює технологічні можливості шляхом повного розкривання трубопроводу за його периметром та дозволяє виключити з комплексу машин для капітального ремонту трубопроводів підкопувальну машину. Така функціональність установки призведе до зменшення фінансових витрат при ремонті трубопроводних магістралей, зменшення енергоємності розробки ґрунту, дозволить підвищити швидкість переміщення комплексу спеціальних машин.

ЛІТЕРАТУРА

1. Мусійко В.Д., Кузьмінець М.П. Проблеми створення технології та техніки для виконання земляних робіт під час капітального ремонту промислових трубопроводних магістралей // Гірн., будів., дор. та меліор. машини: Всеукр. міжвід. зб. наук. праць.– К.: КНУБА.– 2007.– Вип.70.– С.56...64.
2. Розгонюк В.В. Удосконалення методики діагностування технічного стану та способів ремонту магістральних газопроводів: Дис. канд. техн. наук: 05.15.13.– Ів.-Франківськ, 2000.– 267 с.
3. Патент 20377 України, МКВ Е 02 F 5/06. Машина для розкривання трубопроводу і робочий орган / Биков О.В., Василенко С.К., Джарджіманов А.С. та ін.– № 97010085; Заявл. 09.01.97; Опубл. 27.02.98, Бюл. № 1.

4. А.с. №1198166, МКВ E02F5/02. Траншейный экскаватор для вскрытия подземных трубопроводов / Л.Ш.Соболев и др. – 3700502/20-3; Заявл. 13.02.84; Опубл. 15.12.85, Бюл. №46.

5. А.с. №151253, МКВ E02F3/14. Навесное оборудование, монтированное на гусеничном тракторе / А.А.Майский и др. – 755501/29-14; Заявл. 14.12.61; Опубл. 25.03.77, Бюл. №11.

6. А.с. №692945, МКВ E02F5/08. Устройство для навески рабочего органа роторного экскаватора / К.Е.Ращепкин и др. – 2173973/29-03; Заявл. 19.09.75; Опубл. 25.10.79, Бюл. №39.

7. А.с. №607897, МКВ E02F5/02, E02F3/18. Траншейный экскаватор для вскрытия трубопроводов / Л.А.Одинцов и др. – 2165930/29-03; Заявл. 18.08.75; Опубл. 25.05.78, Бюл. №19.

8. Патент України №37784, E02 F5/00. Землерийне обладнання траншеєкопача для розкривання-заглиблення трубопроводів / Сукач М.К., Лисак С.І. (Україна).– U2008 08334; Заявл. 20.06.2008; Опубл. 10.12.2008, Бюл. № 23.

9. Сукач М.К., Лисак С.І. Обґрунтування параметрів ланцюгового траншеєкопача / Тр. 69 НПК КНУБА. – Київ, 2008.– С.86.

10. Сукач М.К., Лисак С.І. Підвищення ефективності робочого обладнання машини для розкривання трубопроводів // Гірн., будів., дор. та меліор. машини: Всеукр. міжвід. зб. наук. праць.– К.: КНУБА.– 2008.– Вип.– 71.– С.3...9.

11. Патент 42389 України, МКИ E02F 3/00. Траншейний экскаватор для розкривання підземних трубопроводів / Сукач М.К., Лисак С.І.– № а2009 00804; Заявл. 04.02.2009; Опубл. 10.07.2009, Бюл. № 13.

12. Домбровский Н.Г. Многоковшовые экскаваторы. Конструкции, теория и расчет.– М.: Машиностроение, 1972.– 432с.

13. Домбровский Н.Г., Гальперин М.И. Строительные машины (в 2-х ч.). Ч II: Учеб. для студентов вузов, обучающихся по спец. «Строит. и дор. маш. и оборуд.». – Высш. шк., 1985. – 224с.

14. Сукач М.К. Техніка будівництва. Розрахунковий практикум: Навч. посібник.– К.: КНУБА, 2003.– 140 с.

УДК 621.893-492:621.81

ПОРОШКОВІ АНТИФРИКЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ

В.Є. Олішевська¹, Г.С. Олішевський²

¹кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобілів та автомобільного господарства, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна, e-mail: olishevskav@ukr.net

²кандидат технічних наук, доцент кафедри електроенергетики, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна, e-mail: olishevskiyg@ukr.net

Анотація. В роботі зроблено опис хімічного складу, мікроструктури, фізико-механічних та трибологічних властивостей порошкових антифрикційних матеріалів: залізо – графіт, залізо – мідь, залізо – мідь – графіт, залізо – мідь – графіт – фосфор, композицій на основі бронзи, залізо – графіт – молібден. Розглянуто особливості тертя порошкових