

РОБОЧЕ ОБЛАДАННЯ ЕКСКАВАТОРА ДЛЯ ПОПЕРЕЧНОГО КОПАННЯ

Михайло Сукач, Сергій Лисак

Київський національний університет будівництва і архітектури
03037, Повітрофлотський просп., 31, Київ, Україна, e-mail: msukach@ua.fm

WORKING EQUIPMENT OF POWER-SHOVEL IS FOR TRANSVERSAL DIGGING

Mykhaylo Sukach, Sergiy Lysak

Kyiv National University of Construction and Architecture
Povitroflotsky prosp., 31, Kyiv, Ukraine, 03037, e-mail: msukach@ua.fm

АНОТАЦІЯ. Запропоновано установку з адаптованим робочим органом поперечного копання для повного розкривання підземного трубопроводу за його периметром. Конструкція установки дозволяє розробляти ґрунт одночасно з обох сторін від труби, а також виключає необхідність використання спеціальної машини, що підкопує не зруйнований ґрунт під нею. Застосування установки дозволить збільшити ефективність робочого процесу і швидкість проходження комплексу машин.

Ключові слова: підземний трубопровід, адаптований робочий орган, копання ґрунту.

АННОТАЦИЯ. Предложена установка с адаптированным рабочим органом поперечного копания для полного раскрывания подземного трубопровода по его периметру. Конструкция установки позволяет разрабатывать ґрунт одновременно с обеих сторон от трубы, а также исключает необходимость использования специальной машины, подкапывающей не разрушенный под ней ґрунт. Применение установки позволит увеличить эффективность рабочего процесса и скорость проходки комплекта машин.

Ключевые слова: подземный трубопровод, адаптированный рабочий орган, копанье ґрунта.

ABSTRACT. Purpose. Setting is offered with the adapted worker by the organ of the transversal digging for the complete opening of underground pipeline on his perimeter. **Methodology/approach.** The construction of setting allows to develop soil simultaneously with both parties from a pipe, and also eliminates the necessity of the use of the special machine undermining the soil not destroyed under her. **Research limitations/implications.** Application of setting will increase efficiency of working process and speed of driving of complete set of machines.

Key words: underground pipeline, adapted working organ, digging of soil.

ВСТУП

Надійність трубопроводного 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 високе зношування основних фондів нафтогазотранспортних систем, необхідно терміново вирішувати задачі в області діагностування та ка-

пітального ремонту лінійної частини трубопроводів, що дозволить суттєво підвищити надійність і безпеку роботи трубопроводних магістралей [2].

На експлуатаційну надійність підземних трубопроводів значно впливає корозія ізоляційного покриття, що виникає внаслідок інтенсивних процесів старіння. Зазвичай це призводить 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 зв'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 тощо. 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 технологічних машин.

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

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ

У теперішній час застосовуються машини для розкривання трубопроводу [4, 5], що містять два привідні 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 пе-

рекривання 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.

Нами запропоновано нову конструкцію (рис. 1), яка забезпечує повне розкривання трубопроводу за його периметром при мінімальних параметрах перерізу траншеї [11]. Розробка траншеї з мінімальним перерізом супроводжується меншими питомими енерговитратами та покращенням стійкості машини.

Установка для розкривання підземних трубопроводів складається з базової машини 1, що переміщується уздовж трубопроводу 21 та робочого обладнання 10, яке шарнірно приєднане до рами 2 базової машини 1.

Адаптоване робоче обладнання 10 містить встановлені вертикально до дна забою та поздовжньої осі труби 21 дві ланцюгові багатоковшеві секції 6, 9. Рама кожної з секцій 6, 9 складається з верхньої 7 та нижньої 19 частин, що з'єднані шарніром 22 (рис.2). Для підкопування трубопроводу 21 нижня частина рами 19 секцій має можливість повороту в площині, що перпендикулярна поздовжній площині руху базової машини 1 відносно нерухомо закріпленої верхньої частини рами 7 за допомогою механізму повороту 16.

Для запобігання повороту ковша 5 у результаті потрапляння на зустрічну перешкоду та контакту з ковшем протилежної сторони у забої ланцюг 18 переміщується в жорстких напрямних 17, за виключенням ділянки, де здійснюється поворот нижньої частини рами 19. Площина обертання ківшевого ланцюга 18 перпендикулярна поздовжній осі трубопроводу 21. Ковші 5 жорстко закріплені на торцевих пластинах ланцюга 18 за допомогою кронштейнів 20.

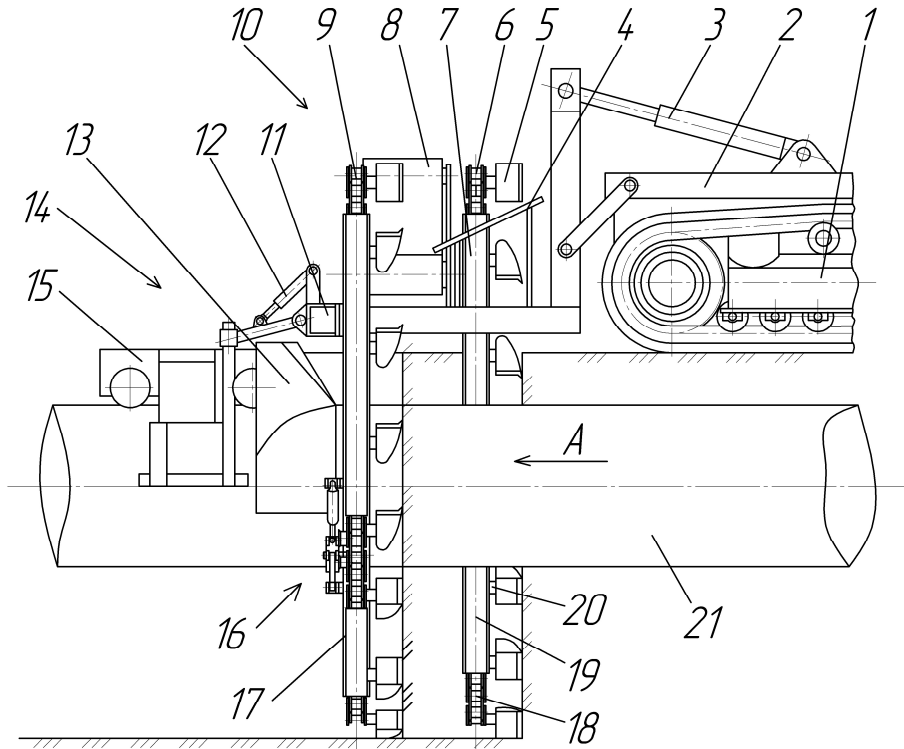


Рис.1. Установа для розкриття підземних трубопроводів з адаптованим робочим органом, вигляд збоку

Fig.1. Setting for opening of underground pipelines with the adapted working organ, end-view

Ланцюгові багатоковшеві секції 6, 9 зміщені одна відносно одної в поздовжньому 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 привідної зірочки на транспортер 8, ковші 5 секції 6 розвантажують розроблений ґрунт аналогічним чином на приймально-передавальну пластину 4 [12], звідки ґрунт подається на транспортер 8 і відвантажується у кавальєр. Для контролю за положенням робочого органа 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 за-

бою та поздовжньої осі труби 21. Гідроциліндрами 12 опускають важіль та встановлюють візок 15 на трубопровод 21. Механізмами повороту 16 повертають нижні частини рами 19 до перекривання осі траншеї. Перевіряють правильність орієнтації робочого органа 10 відносно труби 21 та за необхідності здійснюють корегування орієнтації землерийного обладнання. Після цього приводять в рух транспортер 8 та ківшовий ланцюг 18 і розпочинають переміщення базової машини 1 вздовж трубопроводу.

У процесі роботи установки ґрунт поверх трубопроводу 21 розробляється плугом 13 слідкуючого засобу 14. Розробку та винесення ґрунту по обидва боки від труби 21 та під нею здійснюють ковші 5, що рухаються в напрямках 17 нерухомо закріпленої верхньої 7 та поворотної нижньої частини рами 19. Таким чином, трубопровод 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 її робоче обладнання має конструктивні параметри робочого органа екскаватора поперечного копання.

Необхідна товщина стружки ґрунту h для наповнення ковшів

$$h = qK_n / LbK_p = 0,1 \cdot 0,55 / 3,3 \cdot 1,4 = 0,04 \text{ м,}$$

де q – місткість ковша, м^3 ; K_n – коефіцієнт наповнення ковшів, $K_n = 0,35 \dots 0,75$ (залежить від характеру ґрунту, товщини стружки, що зрізується, довжини та форми забою, кута нахилу рами секцій до забою);

розпушення ґрунту в процесі розробки, $K_p = 1,1 \dots 1,5$.

Конструктивні параметри робочого органа можна прийняти за емпіричними залежностями [13], а саме: крок ланцюга $t_{\text{л}} = (56,3 \dots 73,8) \sqrt[3]{q}$ (тут q вимірюється в літрах); довжина ковша $l_{\text{к}} = (2,6 \dots 2,8)t_{\text{л}}$; висота ковша $h_{\text{к}} = 1,45t_{\text{л}}$. Таким чином, ці параметри матимуть наступні значення: $t_{\text{л}} = 255 \text{ мм}$, $l_{\text{к}} = 663 \text{ мм}$, $h_{\text{к}} = 370 \text{ мм}$.

Число ковшів, що одночасно знаходяться у забої,

$$n_{\text{к}} = L / T + 1,$$

де T – крок розстановки ковшів, зазвичай приймають $T = (4 \dots 6)t_{\text{л}} = 4 \cdot 255 = 1020 \text{ мм}$.

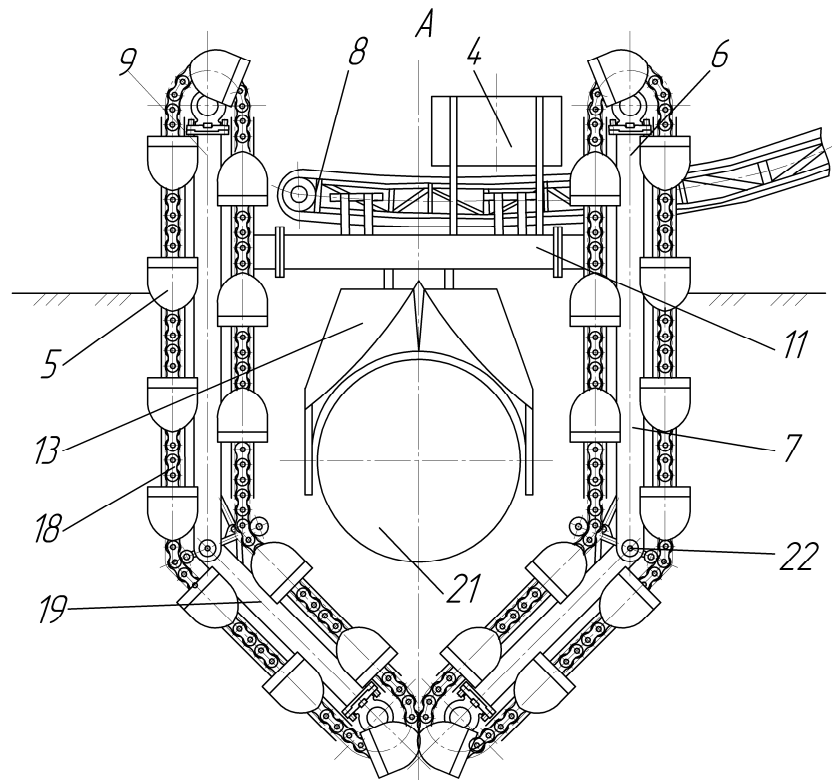


Рис.2. Багатоковшевий адаптований робочий орган для поперечного копання, вигляд А на рис. 1

Fig.2. Multiscoop is adapted working organ for the transversal digging, kind A on fig. 1

L – довжина робочого органа, що знаходиться в забої, м; b – ширина стружки ґрунту (ширина ковша), м; K_p – коефіцієнт

Тоді $n_{\text{к}} \approx 5$, але враховуючи те, що ковші модернізованого робочого органа розробляють ґрунт в двох напрямках (під час руху

уверх до місця розвантаження та униз – до забою, див. рис. 2), число одночасно копаючих ковшів складатиме $n_k \approx 10$.

Енергетичні витрати на розробку траншеї адаптованим робочим органом

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

де N_{PO} – потужність приводу ланцюгового робочого органа, кВт; P_M – продуктивність машини, $P_M = S_{\Pi} v_M$; S_{Π} – поперечний переріз ґрунту, який безпосередньо розроблюється робочим органом, $S_{\Pi} = S_{TP} - S_T$; S_{TP} – площа поперечного перерізу утвореної траншеї, $S_{TP} = 7,52 \text{ м}^2$.

$S_T = \pi \frac{d^2}{4} = 3,14 \frac{1,22^2}{4} = 2,33 \text{ м}^2$ – площа поперечного перерізу трубопроводу, м^2 ; $S_{\Pi} = 7,52 - 2,33 = 5,19 \text{ м}^2$; $v_M = 80 \text{ м/год}$ – швидкість поступального руху машини при розкриванні трубопроводу діаметром $d = 1220 \text{ мм}$. Тоді продуктивність машини $P_M = 5,19 \cdot 80 = 415 \text{ м}^3$.

Потужність приводу робочого органа [12]

$$N_{PO} = \frac{2S_{заг.л.} v_L}{1000\eta} \text{ кВт},$$

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 сумарним опором руху ланцюгів при розробці ґрунту

$$S_{заг.л.} = S_{л.к.} + S_{л.г.} + S_{л.тр.} + S_{л.тр.н.},$$

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 напрямних та від ваги ланцюгів і ґрунту, Н;

$S_{л.тр.н.}$ – 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 ґрунту, що розроблюється; $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ – 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 (привідного вала),

$$n_k' = L_1 / T + 1 = 1,465 / 3,3 + 1 \approx 2.$$

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

$$G_l = 3 L m_l g = 3 \cdot 3,3 \cdot 28 \cdot 9,8 = 2716 \text{ Н},$$

де $m_l = 28 \text{ кг}$ – маса 1 м ланцюгів з ковшами.

Натяг ланцюгів від опору тертю ланцюга в напрямних, від ваги ланцюга та ґрунту

$$\begin{aligned} S_{л.тр.} &= (G_l + G_z) \mu = \\ &= (2716 + 11642,4) 0,08 = 1148,6 \text{ Н}, \end{aligned}$$

де $\mu = 0,08$ – коефіцієнт тертя в шарнірах ланцюгів (при наявності змащування).

Опір від нормальної складової сили копання спричинює виникнення сили тертя

$$S_{л.тр.н.} = 0,4 S_{л.к.} \mu = \\ = 0,4 \cdot 3600 \cdot 0,08 = 115,2 \text{ Н.}$$

Отже, сумарне тягове зусилля на ланцюгах траншеєкопача

$$S_{заг.л.} = 3600 + 11642,4 + \\ + 1148,6 + 115,2 = 16506,2 \text{ Н.}$$

Потужність приводу робочого органа

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

З урахуванням значень потужності N_{PO} та продуктивності машини P_M , енергоємність розробки ґрунту адаптованим робочим органом становитиме $e = 0,23 \cdot 10^6$ Дж/м³. При розкриванні ж трубопроводу ланцюговим траншеєкопачем [8] із встановленими під гострим кутом одна до одної ланцюговими секціями енергоємність розробки ґрунту $e = 0,35 \cdot 10^6$ Дж/м³ [10]. А це означає, що застосування нового робочого органа дозволяє зменшити питомі енерговитрати на розробку ґрунту до 30%.

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 приведе до зменшення фінансових витрат під час ремонту трубопроводних магістралей, зменшення енергоємності розробки ґрунту, дозволить підвищити швид-

кість переміщення комплексу спеціальних машин в цілому.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Мусійко В.Д., Кузьмінець М.П., 2007.* Проблеми створення технології та техніки для виконання земляних робіт під час капітального ремонту промислових трубопроводних магістралей. Гірн., будів., дор. та меліор. Машини, Вип.70, 56-64.
2. *Розгонюк В.В., 2000.* Удосконалення методики діагностування технічного стану та способів ремонту магістральних газопроводів: Дис... канд. техн. наук: 05.15.13, Ів.-Франківськ, 267.
3. *Патент 20377* України, МКИ E02F5/06. Машина для розкривання трубопроводу і робочий орган. Биков О.В., Василенко С.К., Джарджіманов А.С. та ін. Заявл. 09.01.97, Опубл. 27.02.98, Бюл.1.
4. *Авт.свид.* 1198166, МКИ E02F5/02. Траншейний екскаватор для вскриття подземних трубопроводов. Л.Ш. Соболев и др. Заявл. 13.02.84, Опубл. 15.12.85, Бюл.46.
5. *Авт.свид.* 151253, МКИ E02F3/14. Навесное оборудование, монтированное на гусеничном тракторе. Майский А.А. и др. Заявл. 14.12.61, Опубл. 25.03.77, Бюл.11.
6. *Авт.свид.* 692945, МКИ E02F5/08. Устройство для навески рабочего органа роторного экскаватора. Ращепкин К.Е. и др. Заявл. 19.09.75, Опубл. 25.10.79, Бюл.39.
7. *Авт.свид* № 607897, МКИ E02F5/02, E02F3/18. Траншейный экскаватор для вскрытия трубопроводов. Одинцов Л.А.и др. Заявл. 18.08.75, Опубл. 25.05.78, Бюл.19.
8. *Патент 37784* України, E02 F5/00. Землерийне обладнання траншеєкопача для розкривання-заглиблення трубопроводів. Сукач М.К., Лисак С.І. Заявл. 20.06.2008, Опубл. 10.12.2008, Бюл.23.
9. *Сукач М.К., Лисак С.І., 2008.* Обґрунтування параметрів ланцюгового траншеєкопача. Тр. 69 наук.-практ. конф. КНУБА, Київ, 86.
10. *Сукач М.К., Лисак С.І., 2008.* Підвищення ефективності робочого обладнання машини для розкривання трубопроводів. Гірн., будів., дор. та меліор. Машини, Вип.71, 3-9.
11. *Патент 42389* України, МКИ E02F 3/00. Траншейний екскаватор для розкривання підземних трубопроводів. Сукач М.К., Лисак С.І., Заявл. 04.02.2009, Опубл. 10.07.2009, Бюл.13.

12. *Домбровский Н.Г.*, 1972. Многоковшовые экскаваторы. Конструкции, теория и расчет. Москва, Машиностроение, 432.
13. *Домбровский Н.Г., Гальперин М.И.*, 1985. Строительные машины. В 2 ч. Ч II: учеб. для студ. вузов. Москва, Высш. школа, 224.
14. *Сукач М.К.*, 2003. Техніка будівництва. Розрахунковий практикум: навч. посібник. Київ, КНУБА, 140.
15. *Сукач М.К., Горбатюк Є.В., Марченко О.А.*, 2013. Синтез землерийної і дорожньої техніки: підручник. За ред. д.т.н., проф. М.К. Сукача. Київ, Вид-во Ліра-К, 376.

REFERENCES

1. *Musijko V.D., Kuz'minec' M.P.*, 2007. Problemy stvorennya tehnologii' ta tehniky dlja vykonannya zemljanyh robot pid chas kapital'nogo remontu promyslovyh truboprovodnyh magistral'ej. Girn., budiv., dor. ta melior. Mashyny, Vyp.70, 56-64.
2. *Rozgonjuk V.V.*, 2000. Udoskonalennja metodyky diagnostuvannya tehničnogo stanu ta sposobiv remontu magistral'nyh gazoprovodiv: Dys... kand. tehn. nauk: 05.15.13, Iv.-Frankivs'k, 267.
3. *Patent 20377* Ukraïny, MKY E02F5/06. Mashyna dlja rozkryvannya truboprovodu i robochyj organ. Bykov O.V., Vasylenko S.K., Dzhardzhimanov A.S. ta in. Zajavl. 09.01.97, Opubl. 27.02.98, Bjul.1.
4. *Avt. svid. 1198166*, MKI E02F5/02. Transhejnyj jekskavator dlja vskrytija podzemnyh truboprovodov. L.Sh. Sobolev i dr. Zajavl. 13.02.84, Opubl. 15.12.85, Bjul.46.
5. *Avt. svid. 151253*, MKI E02F3/14. Navesnoe oborudovanie, montirovannoe na gusenichnom traktore. Majskij A.A. i dr. Zajavl. 14.12.61, Opubl. 25.03.77, Bjul.11.
6. *Avt. svid. 692945*, MKI E02F5/08. Ustrojstvo dlja naveski rabocheho organa rotornogo jekskavatora. Rashhepkin K.E. i dr. Zajavl. 19.09.75, Opubl. 25.10.79, Bjul.39.
7. *Avt. svid. № 607897*, MKI E02F5/02, E02F3/18. Transhejnyj jekskavator dlja vkrytija truboprovodov. Odincov L.A. i dr. Zajavl. 18.08.75, Opubl. 25.05.78, Bjul.19.
8. *Patent 37784* Ukraïny, E02 F5/00. Zemleryjne obladnannya transhejekopacha dlja rozkryvannya-zaglyblennja truboprovodiv. Sukach M.K., Lysak S.I. Zajavl. 20.06.2008, Opubl. 10.12.2008, Bjul.23.
9. *Sukach M.K., Lysak S.I.*, 2008. Obg'runtuvannya parametriv lancjugovogo transhejekopacha. Trudy 69 nauk.-prakt. konf. KNU-BA, Kyi'v, 86.
10. *Sukach M.K., Lysak S.I.*, 2008. Pidvyshhennja efektyvnosti robochoho obladnannya mashyny dlja rozkryvannya truboprovodiv. Girn., budiv., dor. ta melior. Mashyny, Vyp.71, 3-9.
11. *Patent 42389* Ukraïny, MKY E02F 3/00. Transhejnyj ekskavator dlja rozkryvannya pidzemnyh truboprovodiv. Su-kach M.K., Lysak S.I., Zajavl. 04.02.2009, Opubl. 10.07.2009, Bjul.13.
12. *Dombrovskij N.G.*, 1972. Mnogokovshovye jekskavatory. Konstrukcii, teorija i raschet. Moskva, Mashinostroenie, 432.
13. *Dombrovskij N.G., Gal'perin M.I.*, 1985. Stroitel'nye mashyny. V 2 ch. Ch II: ucheb. dlja stud. vuzov. Moskva, Vyssh. shkola, 224.
14. *Sukach M.K.*, 2003. Tehnika budivnyctva. Rozrahunkovyj praktykum: navch. posib-nyk. Kyi'v, KNUBA, 140.
15. *Sukach M.K., Gorbatjuk Je.V., Marchenko O.A.*, 2013. Syntez zemleryjnoi' i dorozhn'oi' tehniky: pidruchnyk. Za red. d.t.n., prof. M.K. Sukacha. Kyi'v, Vyd-vo Lira-K, 376.