

СИНТЕЗ МЕХАНІЗМУ НАВІШУВАННЯ РОБОЧОГО ОРГАНА МАШИНИ ВІДКРИТТЯ ТРУБОПРОВОДІВ НА ТЯГАЧІ

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

MECHANISM SYNTHESIS OF HANGING THE PIPELINES OPENING MACHINES' WORKING BODY ON THE TRACTOR UNITS

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

СИНТЕЗ МЕХАНИЗМА НАВЕШИВАННЯ РОБОЧОГО ОРГАНА МАШИНЫ РАСКРЫТИЯ ТРУБОПРОВОДОВ НА ТЯГАЧИ

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

Постановка проблеми. Рівень зношеності магістральних трубопроводів в Україні, прямих та криволінійних в плані ($R=60d_{\text{тр}}$) їх ділянок побудованих переважно на рівнинній та заболоченій місцевостях, а також в гірських умовах, досягнув більше 60% [1]. Трубопроводи прокладено на глибині 1,1 м, що регламентується максимальною глибиною промерзання ґрунту [2] в суглинистих та глинистих ґрунтах середньої та підвищеної вологості [3]. Безпечна експлуатація магістральних нафто- та газопроводів на сьогоднішній день можлива при умові їх своєчасного капітального ремонту, термінове виконання якого з використанням техніки загальнобудівельного призначення не реальне. При створенні нової землерийної та іншої техніки для будівництва і капітального ремонту магістральних трубопроводів повинні бути враховані особливості геометрії лінійної частини трубопроводів, рельєф місцевості та ґрунтові умови будівництва.

Аналіз літератури. Стосовно створення землерийних машин для капітального ремонту зазначимо, що крім високої продуктивності виконання робіт, в тому числі в перезволожених суглинистих і глинистих ґрунтах повинен бути забезпечений високий рівень безпеки проведення ремонтних робіт на трубопроводах, як того вимагають діючі «Відомчі будівельні норми і правила» [4, 5]. Це стосується виключення механічних контактів робочих органів землерийних машин з трубою, забезпечення розробки ґрунтів біля трубопроводу, тільки на заданих відстанях регламентованих діючими ВБН, в тому числі на криволінійних в плані його ділянках, виключення можливості передачі тиску опорних поверхонь гусеничного ходового обладнання на трубу в режимі копання ґрунту. Огляд та аналіз відомих конструкцій одноківшевих екскаваторів та траншейних машин [6-9] свідчить про те, що їх використання для виконання земляних робіт по відкриттю трубопроводів в швидкісному режимі не можливе. Причиною цього є той факт, що конструкція робочого обладнання та його навіска на гусеничному тягачі не дозволяють виконувати копання ґрунту на заданій відстані з обох боків трубопроводу, особливо на криволінійних в плані його ділянках. Безпечне переміщення землерийної машини вздовж трубопроводу в режимі копання ґрунту не може бути здійсним. Вирішення поставленого питання потребує нового не традиційного підходу до синтезу конструкції ґрунторозробного обладнання, його навіски на базовий тягач та організації управління робочим обладнанням в процесі копання ґрунту.

Мета та задача дослідження/ Синтез конструкції робочого органа землерийної машини безперервної дії та механізму його навіски на тягач, що забезпечить безпечне переміщення машини вздовж трубопроводу в режимі копання ґрунту.

Основна частина. З метою визначення вихідних положень синтезу конструкцій спеціальних землерийних машин для виконання капітального ремонту магістральних трубопроводів проаналізуємо можливості варіантів схем навіски ґрунторозробного обладнання

на платформі базового тягача з точки зору оцінки рівня безпеки виконання земляних робіт по відкриттю трубопроводів землерийною машиною безперервної дії.

Однією з найпоширеніших схем з'єднання базового тягача з робочим органом машини є одновісне зчеплення (рис. 1). При цьому положення тягача 1 відносно осі труби визначається контрольними (реперними) точками A і B , які лежать на цій осі. Точка B - це точка перетину горизонтальної площини з віссю вертикального шарніра, який з'єднує тягач і раму з робочими органами.

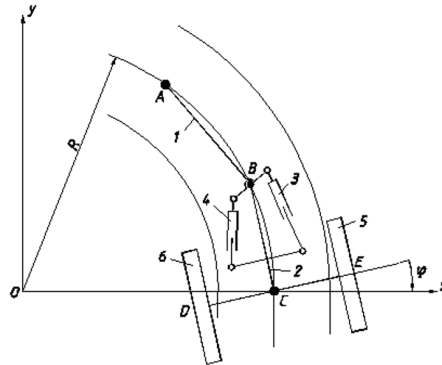


Рисунок 1 – Схема одновісного зчеплення двосекційного робочого органу землерийної машини з базовим тягачем: 1 – тягач; 2 – рама робочого органу; 3, 4 – гідроциліндри; 5, 6 – ґрунторозробні секції робочого органу

Розташування точки C рами на осі труби забезпечує пара гідроциліндрів 3 і 4, які разом з тягачем 1 і рамою 2 утворюють важільний механізм з одним ступенем вільності. Секції 5 і 6 робочого органу, що зображені у вигляді проекцій на горизонтальну площину, яка проходить через вісь труби, розташовані симетрично відносно точки C . Оптимальний режим безпеки копання ґрунту забезпечується тоді, коли проекції секцій 5 і 6 робочого органу дотичні до кривих, еквідистантних до профілю труби в горизонтальній площині. Це означає, що вісь DE робочого органу має лежати на радіусі кривизни осі труби OC . Проте, як видно з рис. 1, одновісне зчеплення, про що було сказано раніше, не забезпечує виконання останньої умови. Вісь DE секцій робочого органу відхиляється від радіуса кривизни осі труби OC на кут φ .

Встановимо залежність кута φ від розмірів робочого обладнання машини і діаметра трубопроводу, рис. 1. Точка B лежить на перетині кола, проведеного з центра C радіусом l_{BC} , і кола, проведеного з центра O радіусом кривизни осі труби R . Координати точки B визначаються операторною функцією $F1(R, 0, l_{BC}, 0, 0, R; x_{B1}, x_{B2}, y_{B2})$. Координатами точки $B(x_B, y_B)$ є та пара розв'язків, у якій $y_B = y > 0$.

Рівняння прямої, яка проходить через точку C перпендикулярно до прямої BC :

$$y = x \frac{x_C - x_B}{y_B - y_C} - x_C \frac{x_C - x_B}{y_B - y_C} + y_C. \quad (1)$$

Рівняння прямої OC , яка належить координатній осі Ox : $y=0$. Гострий кут φ між прямою, описаною рівнянням (1) і прямою OC визначається операторною функцією

$$F3\left(\frac{x_C - x_B}{y_B - y_C}, 0; \varphi\right).$$

Машина призначена для розкриття магістральних трубопроводів, побудованих з використанням стандартного ряду діаметрів труб d_{TP} (мм): 530; 620; 720; 820; 1020; 1224 і 1420. Поворотний механізм навіски робочого органу повинен забезпечувати надійну роботу машини як на прямих, так і на криволінійних ділянках трубопроводу. Максимальних значень кут φ досягає при проходженні криволінійних ділянок з найменшими радіусами кривизни. Згідно стандарту мінімальний радіус закруглення труби в плані R_{min} становить $60d_{TP}$. Для наведеного ряду діаметрів d_{TP} труб значення R_{min} (мм) складають: 31800; 37200; 43200; 49200; 61200; 73440 і 85200.

На рис. 2 а показані графіки залежності кута φ від діаметра труби (мінімального радіуса кривизни осі труби R_{\min} в плані): графік 1 для значення $l_{BC}=7500$ мм; графік 2 – для $l_{BC}=6420$ мм; графік 3 – для $l_{BC}=5000$ мм. Більш очевидним вплив довжини рами l_{BC} на значення кута φ відображається на графіках рис. 2 б: графік 1 відповідає значенню $R=R_{\min}=31800$ мм; графік 2 – $R=R_{\min}=49200$ мм і графік 3 – $R=R_{\min}=85200$ мм.

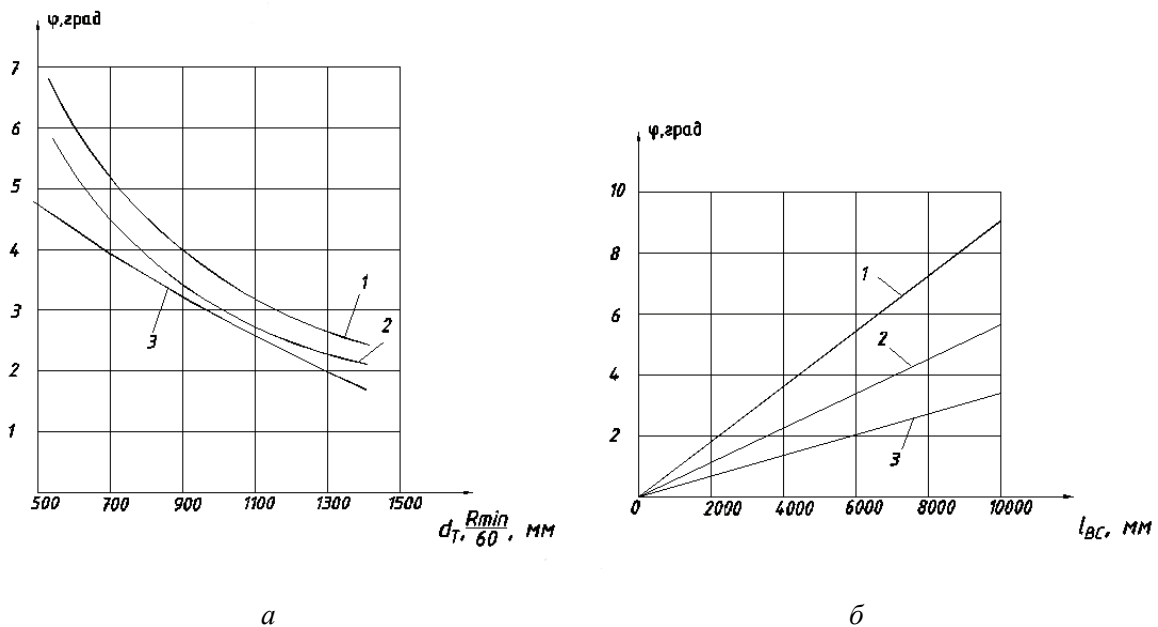


Рисунок 2 – Залежності зміни величини кута φ від геометричних розмірів робочого органу машини і діаметра трубопроводу:
 l_{BC} – горизонтальна проекція рами робочого органу;
 R_{\min} – мінімальний радіус кривизни трубопроводу в плані

Аналіз отриманих результатів дозволяє стверджувати:

- зменшення довжини рами l_{BC} дозволяє зменшити кут φ (при $l_{BC}=0$ значення $\varphi=0$);
- при збільшенні радіусу кривизни осі труби R зменшуються значення кута φ (діапазону радіусів кривизни 31800-85200 мм відповідає діапазон кута $\varphi=5,8^{\circ}$ - $2,2^{\circ}$).

Оскільки досвід проектування заперечує суттєве зменшення l_{BC} , то робота машини з одновісним зчепленням тягача і рами робочого органу у всьому реальному діапазоні мінімальних радіусів кривизни осі труби недопустима із-за значних величин кута φ .

Схема механізму двовісного зчеплення тягача 1 і рами 2 секцій робочого органу показана на рис. 3. Введення серги 3 до складу механізму зчеплення забезпечує реалізацію двох рухів рами робочого органу. Для установки точки D центра осі секцій робочого органу на вісь труби за рахунок переміщення штоків циліндрів 4 і 5 виконується обертальний рух серги 3 разом з рамою 2 навколо точки B . Інший рух – поворот рами 2 відносно точки C – виконується циліндрами 6 і 7. Цей рух забезпечує збіг осі секцій робочого органу з радіусом кривизни осі труби.

Визначимо положення серги і рами робочого органу, які мають бути забезпечені поворотом механізму зчеплення при роботі машини на криволінійних ділянках трубопроводу. На рис. 3 машина показана в положенні, коли контрольні точки A і B тягача 1 і точка D рами робочого органу розташовані на осі труби. Початок осей координат точка O прямокутної системи координат xOy збігається з центром кривизни труби. Положення точки D визначається координатами: $x_D=R$ і $y_D=0$ де R – радіус кривизни осі труби. Координати центра шарніра C : $x_C=R$ і $y_C=l_{CD}$.

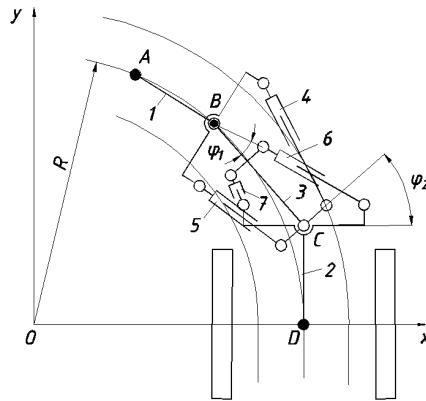


Рисунок 3 – Схема двовісного зчеплення двосекційного робочого органу землерийної машини з базовим тягачем:
 1 – тягач; 2 – рама робочого органу; 3 – серга;
 4, 5 – гідроциліндри повороту серги відносно тягача;
 6, 7 – гідроциліндри повороту рами відносно серги.

Координати точки $B(x_B; y_B)$ як такої, що лежить на перетині двох кіл: одного, проведеного з центра $O(x_O; y_O)$ радіусом R і другого, проведеного з центра $C(x_C; y_C)$ радіусом I_{BC} визначаємо операторною функцією $F1(x_O, y_O, R, x_C, y_C, I_{BC}; x_1, y_1, x_2, y_2)$. Координатами точки $B(x_B; y_B)$ є та пара розв'язків, у якій $y_B = y > y_C$.

Із системи рівнянь двох кіл: одного, проведеного з центра $O(x_O; y_O)$ радіусом R і другого – з центра $B(x_B; y_B)$ радіусом I_{AB} , операторною функцією $F1(x_O, y_O, R, x_B, y_B, I_{AB}; x_1, y_1, x_2, y_2)$ визначаємо координати точки $A(x_A; y_A)$. Умові задачі задовольняє пара розв'язків, де $y_A = y > y_B$.

Прямі AB і BC описуються рівняннями:

$$y = x \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A} - x_A \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A} + y_A, \quad (2)$$

$$y = x \frac{y_C - y_D}{x_C - x_D} - x_D \frac{y_C - y_D}{x_C - x_D} + y_D. \quad (3)$$

Кут φ_1 між прямими CT і CD визначають операторною функцією $F3\left(\frac{y_C - y_D}{x_C - x_D}, \frac{y_C - y_T}{x_C - x_T}; \varphi_1\right)$.

Рівняння прямої BF як такої, що проходить через точку D перпендикулярно до прямої CD :

$$y = x \frac{x_D - x_C}{y_C - y_D} - x_D \frac{x_D - x_C}{y_C - y_D} + y_D. \quad (4)$$

Кут φ_2 повороту рами робочого органу відносно серги:

$$\varphi_2 = \arctg\left(\frac{x_C - x_B}{y_B - y_C}\right). \quad (5)$$

В результаті виконаного дослідження побудовано графіки залежностей: кутів φ_1 і φ_2 від радіусів закруглення труби в плані R_{min} (а) для $I_{CD}=6420$ мм, $I_{AB}=5800$ мм і $I_{BC}=810$ мм; кута φ_1 (б) і кута φ_2 (в) від довжини серги I_{BC} і конкретних значень R_{min} : графіки 1 – $R_{min}=31800$ мм, 2 – 43200 мм, 3 – 61200 мм і 4 – 85200 мм, рис. 4.

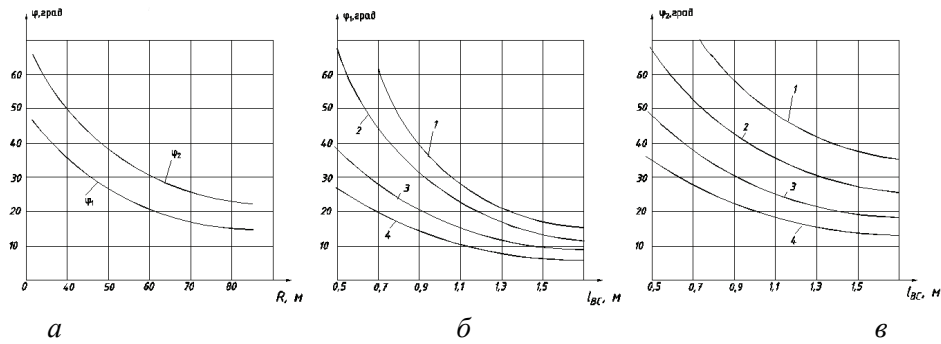


Рисунок 4 – Залежності зміни величини кутів φ_1 та φ_2 від величини радіуса R закруглення трубопроводів в плані, горизонтальної проекції довжини рами робочого органа l_{CD} та довжини серги l_{BC}

Висновки.

Аналіз отриманих результатів досліджень дозволяє стверджувати про те, що при виконанні синтезу реальних конструкцій машин лінійні розміри повинні вибиратись у співвідношенні: $l_{CD} \approx l_{AB} = l$. У діапазоні відношень $l_{BC}/l = 0,08-0,2$ значення кута φ_1 змінюються в межах: $\varphi_1 = 70^\circ-10^\circ$ і кута – $\varphi_2 = 85^\circ-17^\circ$. Рекомендованим при синтезі конструкцій є діапазон відношень $l_{BC}/l = 0,2-0,3$, для якого значення кутів φ_1 та φ_2 знаходяться у межах: $\varphi_1 = 30^\circ-6^\circ$ і кута $\varphi_2 = 45^\circ-12^\circ$. Застосування конструкцій із $l_{BC}/l > 0,3$ є нераціональним з точки зору суттєвого збільшення габаритів механізму повороту робочого органу відносно базового тягача.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Сайт «Укртрансгазу». [Електронний ресурс]. Режим доступу: URL: <http://utg.ua/>
2. Трубопровідний транспорт газу / [Ковалко М.П., Грудз В.Я., Михалків В.Б., та ін.] / за ред. М.П. Ковалко. – К.: Агентство з раціонального використання енергії та екології, 2002. – 600 с.
3. Ґрунти України: властивості, генезис, менеджмент родючості / В. І. Купчик, В. В. Іваніна, Г. І. Нестеров та ін.; Навчальний посібник. За ред. В. І. Купчика. – К.: Кондор, 2011. – 414 с.
4. ВБН В.3.1-00013741-09:2008. Магістральні нафтопроводи. Технологія капітального ремонту лінійної частини діаметром від 530 мм до 1220 мм із зміною ізоляції без підняття трубопроводу. К.: Мінпаливноенерго України, 2008. – 210 с.
5. ВСН 51-1-97. Правила виробництва робіт при капітальному ремонті магістральних газопроводів (Правила виконання робіт при капітальному ремонті магістральних газопроводів)
6. Мусійко В.Д. Екскаратори поздовжнього копання: навч. посібник. – К.: НТУ, ЗАТ «Віпол», 2008. – 233 с.; іл.
7. Хмара Л. А. Машини для земляних робіт / Л. А. Хмара, С. В. Кравець та інші. – Харків, ВКФ «Фавор», - 2014. – 548 с.
8. ВБН В. 3.1 – 320.20077720.02 – 2001. Табелі технічного оснащення ремонтно-будівельної колони з капітального ремонту магістральних нафтопроводів діаметром 219-1220 мм. – К.: НАК «Нафтогаз України» - 2001. – 107 с.
9. ВРД 39 – 1. 10 – 073 – 2003. Руководящий документ по ресурсному оснащению подразделений для ремонта ЛЧМГ в различных природно-климатических условиях. – М.: ОАО «Газпром». – 2003. – 65 с.

REFERENCES

1. Web site of «Ukrtransgaz» - Access mode: URL: <http://utg.ua>. (Ukr)
2. Kovalko M.P., Hruz V.Ya., Mykhalkiv V.B. *Truboprovodnyi transport hazu* [Pipeline gas]. Kyiv, Agency on Rational Utilization of Power and Ecology, 2002. 600 p. (Ukr)
3. Kupchik V.I., Ivanina V.V., Nesterov H.I. *Grunty Ukrainy: vlastyivosti, henezis, menedzhment roduchosti* [Soils Ukraine: property, genesis, fertility management]. Kyiv, Kondor publ., 2011. 414 p. (Ukr)
4. VBN V.3.1-00013741-09:2008. *Mahistralni naftoprovody. Tekhnolohiia kapitalnoho remontu liniinoi chastyny diametrom vid 530 mm do 1220 mm iz zminoiu izoliatsii bez pidniatia*

truboprovodu [Departmental building codes V.3.1-00013741-09:2008. Main oil pipelines. Technology of major repair of linear part diameter from 530 mm to 1220 mm with a change in isolation without lifting the pipeline]. Kyiv, Fuel and Energy Ministry publ., 2008. 210 p. (Ukr)

5. VSN 51-1-97. *Pravila proizvodstva robot pri kapitalnom remonte magistralnykh gazoprprovodov* [Departmental building cod VSN 51-1-97. Terms of works at major overhaul of main gas pipelines]. (Rus)

6. Musiilo V.D. *Ekskavatory pozdovzhnoho kopannia* [Excavators digging longitudinal]. Kyiv, Vipol publ., 2008. 233 p. (Ukr)

7. Khmara L.A., Kravec S.V., Skobluk M.P., Nikitin V.H., Derevyanchuk M.I., Suponev V.M. *Mashyny dlia zemlianykh robot* [Earth moving machinery] Kharkiv, KhNADU publ., 2014. 547 p. (Ukr)

8. VBN V.3.1-320.20077720.02:2001. *Tabel tekhnichnoho osnashchennia remontno-budivelnoi kolony z kapitalnoho romontu mahistralnykh naftoprovodiv diametrom 219-1220 mm* [Departmental building cod VBN V.3.1-320.20077720.02:2001 Table of technical equipment of columns of repair and construction of major overhaul of main oil pipelines with a diameter of 219-1220 mm]. Kiev, NSC «Naftogaz Ukraini», 2001. 107 p. (Ukr)

9. VRD 39-1.10-073-2003. *Rukovodyashchiiy document po resursnomu osnacheniyu podrazdeleniy dlya remonta LChMG v razlichnykh prirodno-klimaticheskikh usloviyakh* [VRD 39-1.10-073-2003. Guidance document on resource equipping of units for repair LPMP in different climatic conditions]. Moscow, JSC «Gazprom» publ., 2003. 65 p. (Rus)

РЕФЕРАТ

Мусійко В.Д. Синтез механізму навішування робочого органа машини відкриття трубопроводів на тягачі / В.Д. Мусійко // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К. : НТУ, 2016. – Вип. 1 (34).

В статті визначено основні вимоги щодо конструкції землерийної машини безперервної дії для відкриття магістральних трубопроводів. Синтезовано механізм навішування робочого обладнання машини на тягачі та механізм управління безпечним переміщенням машини вздовж криволінійної в плані ділянки трубопроводу в режимі копання ґрунту.

Об'єкт дослідження – землерийна машина безперервної дії для забезпечення виконання капітального ремонту трубопроводів.

Мета роботи – синтез конструкції механізму навішування ґрунторозробного робочого обладнання машини на тягачі для забезпечення переміщення машини вздовж трубопроводу в режимі копання ґрунту без пошкодження труби.

Виконані дослідження по синтезу конструкції робочого органа землерийної машини безперервної дії та механізму його навіски на тягач при їх практичній реалізації забезпечують переміщення машини вздовж трубопроводу в процесі його капітального ремонту в режимі копання ґрунту на заданій регламентованій відстані від труби. Виконання таких досліджень актуально, адже використання при проведенні ремонту трубопроводів землерийних машин загальнобудівельного призначення не забезпечує потрібної продуктивності виконання ремонтних робіт.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ТРУБОПРОВІД, МАШИНА, МЕХАНІЗМ, СИНТЕЗ, ОБЛАДНАННЯ, КОПАННЯ, ҐРУНТ.

ABSTRACT

Musiiko V.D. Mechanism synthesis of hanging the pipelines opening machines' working body on the tractor units. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2016. – Issue 1 (34).

Basic requirements of the construction of continuous action ground-digging machine for major pipelines opening are determined in the article. Mechanism of hanging the machine's working body on the tractor units and mechanism of controlling machine's safe moving along the curvilinear in plan section of pipeline in ground-digging mode are synthesized.

Object of research – continuous action ground-digging machine for enforcement of pipeline's main repair.

The purpose of the work – synthesis of the construction of hanging mechanism of machines' ground-digging working equipment on tractor units for machine's safe moving along the pipeline in ground-digging mode.

Completed researches of the synthesis of the construction of continuous action ground-digging machine's working body and the mechanism of its hanging on the tractor unit with their practical realization make safe moving of the machine along the pipeline in process of its major repair in ground-digging mode on the set regulated distance from the pipe. The acting of such researches is relevant because the using of ground-digging general-building purpose machines during the pipelines' repairing does not provide the required performance of the pipelines' repairing.

KEYWORDS: PIPELINE, MACHINE, MECHANISM, SYNTHESIS, EQUIPMENT, DIGGING, SOIL.

РЕФЕРАТ

Мусийко В.Д. Синтез механизма навешивания рабочего органа машины раскрытия трубопроводов на тягачи / В.Д. Мусийко // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К. : НТУ, 2016. – Вып. 1 (34).

В статье определены основные требования к конструкции землеройной машины непрерывного действия для раскрытия магистральных трубопроводов. Синтезирован механизм навешивания рабочего оборудования машины на тягачи и механизм управления безопасным перемещением машины вдоль криволинейного в плане участка трубопровода в режиме копания грунта.

Объект исследования – землеройная машина непрерывного действия для обеспечения выполнения капитального ремонта трубопроводов.

Цель работы – синтез конструкции механизма навешивания грунторазрабатывающего рабочего оборудования машины на тягачи для обеспечения перемещения машины вдоль трубопровода в режиме копания грунта без повреждения трубы.

Выполненные исследования по синтезу конструкции рабочего органа землеройной машины непрерывного действия и механизма его навешивания на тягач при их практической реализации обеспечивают перемещение машины вдоль трубопровода в процессе его капитального ремонта на заданном регламентированном расстоянии от трубы. Выполнение таких исследований актуально, ведь использование при проведении ремонта трубопроводов землеройных машин общестроительного назначения не обеспечивает нужной производительности выполнения ремонтных работ на трубопроводах.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ТРУБОПРОВОД, МАШИНА, МЕХАНИЗМ, СИНТЕЗ, ОБОРУДОВАНИЕ, КОПАНИЕ, ПОЧВА.

АВТОР:

Мусийко Володимир Данилович, кандидат технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри дорожніх машин, e-mail: musvd@i.ua, тел. +380501040262, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова, 1, к. 226.

AUTHOR:

Musiiko Volodimir D., Ph.D. Engineering, professor, National Transport University, Head of department of road machines, e-mail: musvd@i.ua, tel. +380501040262, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str. 1, of. 226.

АВТОР:

Мусийко Владимир Данилович, кандидат технических наук, профессор, Национальный транспортный университет, заведующий кафедры дорожных машин, e-mail: musvd@i.ua, тел. +380501040262, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова, 1, к. 226.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Іткін О.Ф., доктор технічних наук, генеральний директор ПрАТ "Промислово-виробничий інститут зварювально-ізоляційних технологій при будівництві трубопроводів "Нафтогазбудізоляція", Київ, Україна.

Гутаревич Ю.Ф., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри "Двигуни і теплотехніка", Київ, Україна.

REVIEWER:

Itkin O.F., Ph.D., Engineering (Dr.), professor, General Director "Neftegazstroyizoliatsiya" Industrial Production Institute of welding-insulation technologies to a piping building, Kyiv, Ukraine.

Gutarevich Yurii F., Ph.D., Engineering (Dr.), professor, National Transport University, Head of the Department "Engines and Heating", Kyiv, Ukraine