

УДК 622.692.4.053:624.13

МОДЕРНІЗАЦІЯ КОНСТРУКЦІЇ СПЕЦІАЛЬНОЇ ЗЕМЛЕРИЙНОЇ МАШИНИ ДЛЯ ПІДКОПУВАННЯ ҐРУНТУ ПІД ТРУБОПРОВОДАМИ

ХМАРА Л.А.^{1*}, *д.т.н., проф.*МУСІЙКО В.Д.^{2*}, *д.т.н., проф.*ВОЩАК Ю.В.³, *аспірант*

^{1*} Кафедра будівельних і дорожніх машин, ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», м. Дніпро, вул. Чернишевського, 24-а, тел: +38 (067)585-26-59, e-mail: leonidkhmara@yahoo.com, ORCID 0000-0003-3050-9302

^{2*} Кафедра дорожніх машин, Національний транспортний університет, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, 01010, м. Київ, Україна, тел. +38 (044) 280-97-73, e-mail: musvd@i.ua, ORCID ID: 0000-0001-9983-3296

³ Кафедра дорожніх машин, Національний транспортний університет, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, 01010, м. Київ, Україна, тел. +38 (044) 280-97-73, e-mail: voschak.y@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-6182-9424

Анотація. Постановка проблеми. Ремонт трубопроводу передбачає попереднє відкриття його в ґрунті по всьому периметру труби. Складність виконання вказаної технологічної операції обумовлюється обмеженим доступом до розроблюваного ґрунту під трубопроводом та високою вірогідністю пошкодження труби. Найбільш поширеним обладнанням, з допомогою якого здійснюється розробка та видалення ґрунту з-під трубопроводу є самохідні підкопувальні машини. Відомі конструкції підкопувальних машин не досконалі, не здатні розробляти перезволожені, липкі ґрунти та тріщинуваті гірські породи (вапняки, піщаники), не можуть працювати на радіусних в плані ділянках трубопроводів, мають не досконалі механізми переміщення машини по трубопроводу. **Мета.** Розробка і обґрунтування технічної пропозиції по створенню машини підкопувальної здатної ефективно розробляти під трубопроводом в режимі безперервного переміщення ґрунту з різними фізико-механічними властивостями, реалізуючи при цьому необхідну для забезпечення робочого процесу силу тяги без зміни маси машини. **Висновок.** Розроблено технічну пропозицію та створено машину підкопувальну роторну, що відповідає сучасним технологічним вимогам виконання ремонтних робіт на трубопроводах, налагоджено промислове виробництво машин.

Ключові слова: трубопровід, машина підкопувальна, ґрунт, робочий орган, трубохід, інтенсифікатор.

МОДЕРНИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ СПЕЦИАЛЬНОЙ ЗЕМЛЕРОЙНЫХ МАШИН ДЛЯ ПОДКАПЫВАНИЯ ПОЧВЫ ПОД ТРУБОПРОВОДАМИ

ХМАРА Л.А.^{1*}, *д.т.н., проф.*МУСІЙКО В.Д.^{2*}, *д.т.н., проф.*ВОЩАК Ю.В.³, *аспірант*

^{1*} Кафедра строительных и дорожных машин, ГВУЗ «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», г. Днепро, ул. Чернышевского, 24-а, тел: +38 (067)585-26-59, e-mail: leonidkhmara@yahoo.com, ORCID 0000-0003-3050-9302.

^{2*} Кафедра дорожных машин, Национальный транспортный университет, ул. М. Омеляновича-Павленка, 1, 01010, г. Киев, Украина, тел. +38 (044) 280-97-73, e-mail: musvd@i.ua, ORCID ID: 0000-0001-9983-3296

³ Кафедра дорожных машин, Национальный транспортный университет, ул. М. Омеляновича-Павленка, 1, 01010, г. Киев, Украина, тел. +38 (044) 280-97-73, e-mail: voschak.y@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-6182-9424

Аннотация. Постановка проблемы. Ремонт трубопровода предполагает предварительное открытие его в почве по всему периметру трубы. Сложность выполнения указанной технологической операции определяется ограниченным доступом к разрабатываемого ґрунта под трубопроводом и высокой вероятностью повреждения трубы. Наиболее распространенным оборудованием, с помощью которого осуществляется разработка и удаления ґрунта из-под трубопровода является самоходные подкапывающие машины. Известные конструкции подкапывающих машин не совершенны, не способны разрабатывать переувлажненные, липкие почвы и трещиноватые горные породы (известняки, песчаники), не могут работать на радиусных в плане участках трубопроводов, имеют не совершенные механизмы перемещения машины по трубопроводу. **Цель.** Разработка и обоснование технического предложения по созданию машины подкапывающей способной эффективно разрабатывать под трубопроводом в режиме непрерывного перемещения ґрунты с различными физико-механическими свойствами, реализуя при этом необходимую для обеспечения рабочего процесса силу тяги без изменения массы машины. **Вывод.** Разработано техническое предложение и создана машина подкапывающая роторная которая соответствует современным технологическим требованиям выполнения ремонтных работ на трубопроводах, налажено промышленное производство машин.

Ключевые слова: трубопровод, машина подкапывающая, ґрунт, рабочий орган, трубоход, интенсификатор.

CONSTRUCTION MODERNIZATION FOR THE SPECIALIZED EARTH MOVING MACHINE FOR DIGGING UNDER THE PIPELINES

KHMARA L. A.^{1*}, *Doctor of Technical Sciences, professor*
 MUSIIKO V. D.^{2*}, *Doctor of Technical Sciences, professor*
 VOSHAК U.V.³

^{1*} Department of Building and Road of machines, State Higher Educational Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", st. Chernyshevsky, 24-A, 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (067) 585-26-59, E-mail: leonidkharma@yahoo.com, ORCID 0000-0003-3050-9302

^{2*} National transport university, Mykhaila Omelianovycha–Pavlenka st., 1, 01010, Kiev, Ukraine, tel: +38 (044) 280-97-73, e-mail: musvd@i.ua, ORCID ID: 0000-0001-9983-3296

^{3*} National transport university, Mykhaila Omelianovycha–Pavlenka st., 1, 01010, Kiev, Ukraine, tel: +38 (044) 280-97-73, e-mail: voschak.y@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-6182-9424

Annotation. Problem statement. Pipeline repair implies that the pipeline must be opened along the entire perimeter of the pipe. The complexity of this operation is caused by the limited access to the soil under the pipeline and by the high probability of the pipe damage. The most common equipment for the soil removal from under the pipeline is self-propelled digging-up machines. Existing constructions of the digging-up machines are imperfect, incapable of excavating the waterlogged soil, ooze and fissured rock (limestone, sandstone); not able to work with radial sections of the pipeline, also the mechanism of their movement along the pipelines have flaws. **Objective.** Design and justification of the technical proposal for creation of the digging-up machine that is capable of efficient soil excavation from under the pipeline in the continuous removal mode of the soils with various physicochemical characteristics and by doing so ensuring the appropriate motive force without changes of the machine mass to perform the working process. **Conclusion.** Technical proposal has been created and the rotary digging-up machine which fulfills modern technological requirements for pipeline repair works has been created; industrial manufacturing of these machines has been set up.

Key words: pipeline; digging machine; ground; operating element; caterpillar traction device; intensifier

Актуальність проблеми. Україна має одну з найпотужніших мереж магістральних трубопроводів, що являє собою важливу складову енергетичної системи України і Європейського союзу в цілому. Підтримка системи в працездатному стані необхідна для забезпечення функціонування всього паливно-енергетичного комплексу країни. Вкрай незадовільний сучасний стан магістральних трубопроводів, потребує різкого підвищення темпів проведення ремонтних робіт, безпеки та якості їх виконання. Для цього потрібне ефективне технологічне обладнання відповідного призначення. Під час виконання ремонту здійснюється зняття родючого шару ґрунту над трубопроводом, потім кінцеве відкриття трубопроводу зверху та по боках. Роботи по відкритті трубопроводів мають проводитися з використанням землерийної техніки, допущеної [1] діючими нормами і правилами для роботи на трубопроводах. Особливість роботи вказаної техніки – забезпечення необхідного рівня безпеки виконання робіт.

Ремонт трубопроводу передбачає відкриття його по всьому периметру. Складність виконання вказаної технологічної операції обумовлюється обмеженим доступом до розроблюваного ґрунту, насамперед під трубопроводом, та високою вірогідністю пошкодження труби. Найбільш поширеним обладнанням, з допомогою якого здійснюється розробка та видалення ґрунту з-під трубопроводу є самохідні підкопувальні машини [2, 3].

Аналіз стану питання. Найбільш поширеними є підкопувальні роторні машини, що переміщуються

безпосередньо по трубопроводу. Переважна більшість їх мають вертикальні осі обертання робочих органів в режимі копання ґрунту, наприклад, машини ряду ПТ-НН П [3, 4] рис. 1.

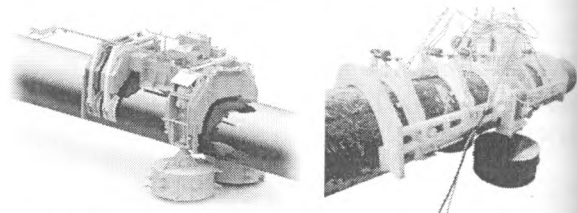


Рис. 1. Машина підкопувальна ротора ПТ-НН П

Недоліком цих машин слід вважати недостатню продуктивність виконання робіт в складних ґрунтових умовах, що є стримуючим фактором швидкості руху ремонтної колони. Продуктивність машин обмежується тяговим зусиллям їх переміщення, адже зусилля фіксації притискових захватів механізму переміщення машини по трубопроводу обмежені. Значна маса та довжина машини ПТ-НН П не дозволяють використовувати її на криволінійних в плані ділянках трубопроводу, має місце залежність працездатності від категорії та стану розроблюваного ґрунту. Основним недоліком машин є конструкція приводу попереминої крокової подачі вперед з допомогою гідравлічних притискових захватів, робота яких пов'язана з дією на трубопровід значних стискуючих зусиль. Це може викликати в стінці трубопроводу механічні перенапруження та навіть деформації, що веде до

руйнування трубопроводу і, як наслідок, до аварії. Крім того, фрезерні робочі органи з вертикальними вісями обертання не можуть забезпечити належний винос розроблених липких та щільних ґрунтів, внаслідок чого під трубопроводом залишається нерозроблений шар ґрунту. Це унеможливує виконання послідовних технологічних операцій ремонту трубопроводу. Під час розробки щільних ґрунтів на робочих органах виникають значні сили опору копанню ґрунту. В наслідок цього має місце проковзування захватів по поверхні труби та відповідні збої в роботі машини. На ділянках, що мають радіусні закруглення траси трубопроводу, машина працювати не може за своїми конструктивними особливостями.

Відомі машини підкопувальні роторні МПР-М та МПР-1М, [5] що призначені для розробки та механізованого видалення ґрунту з-під трубопроводів діаметром 530... 1220 мм, в процесі їх ремонту, рис. 2.



Рис. 2. Машина підкопувальна роторна МПР.

Машини мають механізм переміщення по трубопроводу (трубохід) виконаний у вигляді «гусеничного» рушія, що спирається на поверхню труби завдяки тому, що «траки» цього рушія є гнучкими. Вони являють собою окремі відрізки вантажних ланцюгів і щільно притискаються до криволінійної поверхні трубопроводу в режимі переміщення. Вказана конструкція механізму дає можливість використовувати її без перелагоджування на трубопроводах різного діаметра та працювати на регламентних радіусних закругленнях траси трубопроводів.

Конструкція фрезерно-роторного робочого органа машини являє собою горизонтальну в просторі конструкцію, що складається з двох напівфрез зорієнтованих відносно горизонтальної осі обертання. Ріжучі елементи кожної з напівфрез розміщено по гвинтових лініях різного напрямку «навивки», транспортує лопатки фрез являють собою окремі пластини, розмішені з заданим кроком по гвинтовій лінії вздовж осі кожної фрези. Дискретно виконана конструкція транспортує

лопаток фрез забезпечує ефективну розробку та транспортування розробленого ґрунту вздовж осей фрез без їх залипання ґрунтом.

Одним з напрямів забезпечення підкопування ґрунту під трубопроводами є створення змінного обладнання безперервної дії на базі однокішшевого екскаватора. Компанія «Komatsu», наприклад, випускає екскаватор з двороторним, з вертикальними осями обертання, підкопувальним обладнанням. Перевагою конструкції є її повна автономність. Обладнання не має жорстких в'язків з екскаватором тому тягові можливості екскаватора не використовуються. Подача роторів в режимі копання ґрунту на забій здійснюється шляхом відштовхування від трубопроводу, що викликає внутрішні напруження в тілі трубопроводу, та є допустимим.

Розроблено конструкцію ланцюгово-балкового змінного робочого обладнання до однокішшевого екскаватора, [6] рис. 3.



Рис. 3. Змінне обладнання до однокішшевого екскаватора для підкопування ґрунту під трубопроводом.

Обладнання встановлюється на однокішшевий гусеничний гідравлічний екскаватор масою не менше 20 т. Процес розробки ґрунту під трубопроводом здійснюється в режимі роботи екскаватора як зворотньої лопати. При цьому з одного боку від трубопроводу, має бути попередньо споруджено приямок для розміщення в ньому розробленого під трубою ґрунту. Розробка ґрунту здійснюється захватками. Ширина однієї захватки дорівнює ширині робочого органа (1,05 м). Переміщення ґрунторозробного обладнання вздовж трубопроводу забезпечується за рахунок циклічного переміщення самого екскаватора. Позиціонування робочого обладнання відносно трубопроводу, з метою виключення механічного пошкодження труби, забезпечується спеціальною автоматичною системою керування, що має потрібний рівень дублювання.

Вказані конструкції підкопувальних машин, мають спільний недолік – привід циклічної крокової подачі машини вперед, що важко вважати

раціональним. Відомі конструкції однокішчевих екскаваторів, оснащених спеціальними пристроями для здійснення повороту ґрунторозробного робочого органа в трьох площинах. Такі конструкції здійснюють підкопування ґрунту без силової взаємодії з тілом труби, але вони дуже складні в експлуатації.

Мета роботи. На підставі порівняння та аналізу відомих конструкцій робочого обладнання та машин для підкопування ґрунту під трубопроводами, розробити технічну пропозицію по створенню машини, здатної ефективно розробляти під трубою, ґрунти з різними фізико-механічними властивостями в режимі безперервного переміщення, реалізуючи при цьому необхідну для забезпечення робочого процесу силу тяги без зміни маси машини.

Основний зміст роботи. В порядку вирішення поставленої задачі та в результаті виконаних досліджень було розроблено технічну пропозицію по створенню машини підкопувальної роторної призначеної для механізованого видалення ґрунту з-під трубопроводів діаметром 530...1220 мм в ґрунтах I...IV категорій в тому числі у в'язких, липких, а також в тріщинуватих гірських породах [5], яку в процесі промислового випуску та експлуатації суттєво доопрацьовано та модернізовано.

Доцільно мати дві модифікації машини в залежності від діаметра труб, під час ремонту яких вони будуть працювати:

- I тип – для трубопроводів діаметром 530,630,720 і 820 мм;
- II тип – для трубопроводів діаметром 1020 та 1220 мм.

Конструкцію машини приведено на рис. 4.

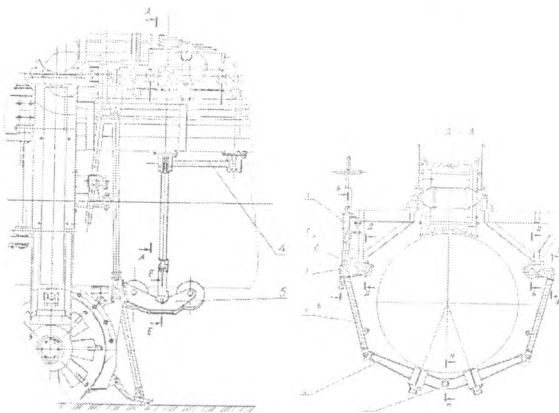


Рис. 4. Машина підкопувальна роторна з підвищеним тяговим зусиллям.

Робочий орган машини має дві симетрично розміщених між собою фрези оснащені ґрунторозробними різцями, що мають спільну вісь обертання. Автономний привід кожної фрези включає в себе асинхронний електродвигун, карданний вал та редуктор.

Трубохід – ходовий механізм машини з рушієм гусеничного типу, траками якого є круглоланкові

ланцюги, кінцями прикріплені до пластинчастих ланцюгів одностороннього перегину, що виконують функцію замкнутого тягового ланцюга ходового механізму. Пластинчасті ланцюги трубоходу переміщуються з допомогою привідних зірочок у площинах паралельних поздовжній осі трубопроводу. Круглоланкові ланцюги, опираючись на трубопровід, обхвачують частину його периметру таким чином, що зникає потреба переналаджувати рушій залежно від діаметра трубопроводу. Привід трубоходу включає двошвидкісний електродвигун, планетарний редуктор та чотириступеневу коробку передач. Рух машини заднім ходом забезпечує реверс електродвигуна.

В процесі експлуатації створених машин, було зафіксовано проковзування «траків» трубоходу відносно поверхні трубопроводу. Це свідчить про недостатність тягового зусилля машини, під час розробки ґрунтів III – IV категорій, піщаників та вапняків. З метою усунення вказаного недоліку розроблено [7] технічну пропозицію по збільшенню тягового зусилля трубохода без збільшення маси машини, рис. 4.

Для цього спеціальним механізмом створюється зусилля притискування опорної поверхні трубоходу до поверхні трубопроводу за допомогою двох торсіонних валів, встановлених на кронштейнах рами та з'єднаних штангами з двома балансирами, численні ролики яких контактують з нижньою твірною трубопроводу. Зусилля притискування роликів до поверхні труби регулюється за настилу рами вручну за допомогою спеціального штурвала і не може бути більшим допустимого зусилля підйому труби трубоукладачем. Це виключає пошкодження труби роликами.

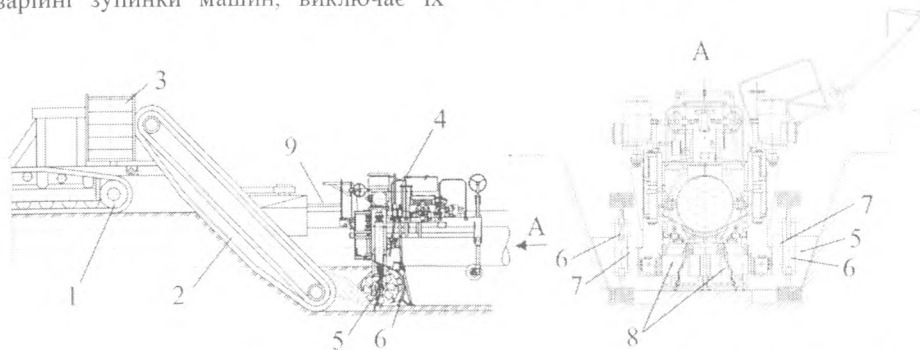
Технологія виконання земляних робіт під час капітального ремонту магістральних трубопроводів та техніка, що для цього використовується [8,9] передбачаються спорудження спеціальних напрямків для розміщення в них ґрунту розробленого під трубопроводом, об'єм яких складає 25...35% об'єму земляних робіт, які виконуються. Це викликає значне збільшення глибини ґрунтових виїмок по боках труби. Усунення необхідності спорудження напрямків можливе за рахунок організації роботи машин відкриття трубопроводу та підкопувальної роторної тандемом, рис. 5, [10].

Така можливість забезпечується завдяки встановленню на машині підкопуючій імпульсних інтенсифікаторів розвантаження ґрунту розробленого під трубопроводом [11]. Іntenсифікатори виконують функцію проміжних евакуаторів розробленого під трубою ґрунту до робочого обладнання машини відкриття трубопроводу і подальшого його переміщення за межі траншей стрічковим конвеєром.

Необхідна постійна відстань між машинами відкриття трубопроводів та підкопуючої встановлюється за умови рівності швидкостей переміщення обох машин, що працюють в режимі копання ґрунту і контролюється встановленим на

машині підкопуючій датчиком відстані між ними. Це забезпечує аварійні зупинки машин, виключає їх

зіткнення під час роботи.



а – вид збоку

б – вид вздовж вісі труби

1 – машина відкриття трубопроводу; 2 – ланцюговий робочий орган машини відкриття трубопроводів; 3 – евакуатор ґрунту; 4 – машина підкопуюча роторна; 5 – відвальні закрilки; 6 – інтенсифікатори розвантаження ґрунту; 7 – редуктори приводу інтенсифікаторів; 8 – ґрунторозробні фрези; 9 – штанга датчика контролю відстані між машинами

Рис. 5. Тандем машин відкриття трубопроводів і підкопуючої роторної

Кожен з приводних інтенсифікаторів конструктивно розташований на валу індивідуального проміжного редуктора, що з'єднаний з валом приводу ґрунторозробних фрез підкопувальної машини. Інтенсифікатори розміщені щодо осі обертання фрез таким чином, щоб сприяти забезпеченню забору і евакуації розробленого ґрунту з обох боків труби на робочі органи машини відкриття трубопроводу. Кожен інтенсифікатор [11] виконаний у вигляді металника, ґрунтовідкидні елементи (лопатки) якого мають гнучкі днища, які являють собою ряди переплетених тягових ланцюгів, закріплених в рамках, а ті, в свою чергу, жорстко кріпляться на важелях інтенсифікатора, що обертаються.

ґрунт, що розробляється машиною підкопуючою під трубою, подається інтенсифікаторами на робочі органи машини відкриття трубопроводу і транспортується у відвал розмішений збоку від траншеї. Це виключає необхідність копання глибоких

прямків по боках трубопроводу для розміщення в них розробленого підкопувальною машиною ґрунту.

Робота машин відкриття трубопроводів та підкопувальної тандемом [10] зменшує загальний обсяг необхідних земляних робіт і, відповідно, їх енергоємність, особливо в складних умовах (високий рівень ґрунтових вод, наявність підстилаючих твердих порід тощо). Відсутність глибоких напрямків покращує здатність ґрунту в траншеї для обпирання на нього відремонтованого трубопроводу, виключає неконтрольоване і надмірне просідання ґрунту під ним і, відповідно, виключає надлишкові деформації трубопроводу як під час виконання ремонтних робіт, так і в процесі експлуатації.

Висновок. Розроблено технічну пропозицію та створено машину модернізовану підкопувальну роторну, що відповідає сучасним технологічним вимогам виконання ремонтних робіт на трубопроводах, налагоджено промислове виробництво машини.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Табелъ технічного оснащення ремонтно-будівельної колони з капітального ремонту магістральних нафтопроводів діаметром 219-1220 мм [текст] : ВБН В. 3.1-320.20077720.02-2001. – К.: Нафтогаз України, 2001. – 107 с.
2. Васильев Г.Г. Земляные работы при сооружении газонефтепроводов / Васильев Г.Г., Ментюков И.В., Курепин Б.Н. – М.: "НГ-оргпроектэкономика", 1999. – 106 с.
3. Машина подкопная автоматизированная. ООО «Промтех-НН» / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://промтех-нн.пф/directions/equipment-for-pipeline-re-insulation/mashina-podkopchnaya-avtomatizirovannaya.html>. – Загл. с экрана.
4. Патент 2220259 Российская Федерация МПК E02F 5/10 (2000.01). Транспортное средство с опорой на трубопровод машины для подкопа трубопроводов / Гумеров А.Г., Одинцов Л.А., Бессарабов В.Я., Муров В.М., Булатов П.Я., Самматов Р.Л.; заявитель и патентообладатель Институт проблем транспорта энергоресурсов "ИПТЭР". – № 2000116073/03; заявл. 19.06.2000; опубл. 27.12.2003, Бюл. № 36.
5. Patent # 6,154,988 United States of America, Int.Cl.7 E02F 5/04, E02F 5/10. Machine for digging under pipes and caterpillar traction device / Bykov Alexandr V.; Vasilenko Stanislav K; Dzhardzhimanov Alexandr S; Ibragimov Marat Sh; Koval Andrei B.; Kumylganov Alexandr S.; Leichenko Jury B.; Musiiko Vladimir D.; Savenok Vasily I.; Chernyaev Valery D.; Yakovlev Viktor I. – № 09/147,393; Date of filing 25.09.1997; Date

- of patent 05.12.2000.
6. Мусійко В.Д. Змінне робоче обладнання для одноківшевого екскаватора / М.В. Кучерук, О.М. Карпенко, В.Д. Мусійко // Трубопровідний транспорт.– Вип. 2 (80). – Київ, 2013. – С. 26–29.
 7. Патент на винахід № 112507 Україна. МПК(2016.01) E02F 3/40, E02F 5/10. Механізм притискання трубоходу підкопувальної машини / Дмитриченко М. Ф., Мусійко В. Д., Білякович М. О., Вошак Ю. В., Гончар М.О., Коваль А. Б. ; власник Національний транспортний університет ; - № а 201508703 заявл. 09.09.2015. опубл. 25.02.2016, бюл. № 4.
 8. Магістральні газопроводи. Лінійна частина. Капітальний ремонт [текст] : ВБН В.3.1.-00013741-08. – К.: Мінпаливенерго України. – 2008. – 159 с.
 9. Хмара Л.А. Про невідповідність темпів виконання земляних робіт темпам ремонтних робіт на трубопроводах та шляхи їх усунення / Л.А. Хмара, В.Д. Мусійко // Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Интенсификация рабочих процессов строительных и дорожных машин. – Д.: ПГАСА, 2016. – Вип. 88. – С. 79–86.
 10. Патент на винахід 94563 Україна МПК(2006.01) E02F 5/08, E02F 5/06, E02F 5/10. ТанDEM машин для розкривання та підкопування трубопроводу або іншого подібного підземного об'єкта / Дмитриченко М. Ф., Мусійко В. Д., Білякович М. О., Кузьмінець М. П., Баланін В. Х., Савенков В. І. ; власник Нац. трансп. ун-т ; - № а 201011837 ; заявл. 06.10.2010 ; опубл. 10.05.2011, Бюл. № 9.
 11. Патент на винахід № 108825 Україна. МПК(2006.01) E02F 3/36, E02F 5/08. Машина для підкопування ґрунту під трубопроводом з інтенсифікаторами розвантаження / Дмитриченко М. Ф., Білякович М. О., Мусійко В. Д., Вошак Ю. В., Гончар М.О., Коваль А. Б. ; власник Нац. трансп. ун-т ; - № а 201408760 ; заявл. 25.12.2014 ; опубл. 10.06.2015, Бюл. № 11.

REFERENCES

1. *Tabel tehniknoho osnashchennia remontno-budivelnoi kolony z kapitalnoho remontu mahistralnykh naftoprovodiv diametrom 219-1220 mm* [Table of technical equipment of repair and construction columns for major repairs of main oil pipelines in diameter 219-1220 mm]. (2001). *VBN V. 3.1-320.20077720.02-2001* Kyiv: Naftohaz Ukrainy (in Ukrainian)
2. Vasilev G.G., Mentyukov I.V., Kurepin B.N. (1999) *Zemlyaniye roboty pri sooruzhenii gazonefteprovodov* [Excavation work during the construction of gas and oil pipelines]. – Moscow : "NG-orgproektekonomika (in Russian).
3. *Mashina podkopchnaya avtomatizirovannaya*. ООО «Promteh-NN» [Automatic undercutting machine]. Retrieved from <http://промтех-нн.рф/directions/equipment-for-pipeline-re-insulation/mashina-podkopchnaya-avtomatizirovannaya.html> (in Russian).
4. Patent 2220259 RU IPC 4 E02F5/10 *Transportnoe sredstvo s oporoy na truboprovod mashiny dlya podkopa truboprovodov* [A vehicle with a support on the pipeline of a machine for the undermining of pipelines] Gumerov A.G., Odintsov L.A., Bessarabov V.Ya., Murov V.M., Bulatov P.Ya., Sammatov R.L. // Claimed. 19.06.2000 ; publ. 27.12.2003. Bull. № 36. (in Russian).
5. Bykov Alexandr V.; Vasilenko Stanislav K; Dzhardzhimanov Alexandr S; Ibragimov Marat Sh; Koval Andrei B.; Kumylganov Alexandr S.; Leichenko Jury B.; Musiiko Vladimir D.; Savenok Vasily I.; Chernyaev Valery D. & Yakovlev Viktor I. Machine for digging under pipes and caterpillar traction device. Patent # 6,154,988 United States of America, 1997.
6. M.V. Kucheruk, O.M. Karpenko & Musiiko V.D. (2013) *Zminne roboche obladnannia dlia odnokivshevoho ekskavatora* [Variable equipment for a single-hull excavator]. *Truboprovidnyi transport – Pipeline* 26-29 (in Ukrainian).
7. Dmytrychenko M. F., Musiiko V. D., Biliakovych M. O., Kuzminei M. P. & Klymenko Yu. M. *Mekhanizm prytyskannia trubokhodu pidkopuvальноi mashyny* [The mechanism of pressing machine for digging] Patent 112507 UA, 2011. (in Ukrainian).
8. *Mahistralni hazoprovody. Liniina chastyna. Kapitalnyi remont* [Main oil pipelines. Linear part. Major repair] (2008). *VBN V.3.1-00013741-08:2008.* / Kyiv: Minpalyvenerho Ukrainy (in Ukrainian).
9. Khmara L.A., Musiiko V.D. (2016). *Pro nevidpovidnist tempiv vykonannia zemlianykh robot tempam remontnykh robot na truboprovodakh ta shliakhy yikh usunennia* [About an inappropriate of rates of excavation work and rates of repair work on the pipeline and the ways of their elimination]. Coll. scientific works: Construction, materials science, mechanical engineering. – D.: PSACEA, №.88. – P.79-154. (in Ukrainian).
10. Dmytrychenko M.F. Biliakovych M.O., Musiiko V.D., Kuzminets M.P., Balanin V.X. & Savenok V.I. *Tandem mashyn dlia rozkryvannia ta pidkopyvannia truboprovodu abo inshoho podobnoho obekta* [Tandem of machines for opening and digging under pipeline or other like underground object]. Patent UA 94563, 2010 (in Ukrainian).
11. Dmytrychenko M.F. Biliakovych M.O., Musiiko V.D., Voshchak Yu. V., Honchar M.O. & Koval A. B. *Mashyna dlia pidkopuvannia ґрунту pid truboprovodom z intensyfikatoramy rozvantazhennia* [MACHINE for digging earth under pipeline with unloading intensifiers]. Patent UA 108825, 2014 (in Ukrainian).