



Інженерія використання та відновлення довкілля Engineering of use and restore the environment

УДК 621.879.4+624.132.3

Машина для рекультивації ґрунтів в зоні ремонту магістральних трубопроводів

В.Д. Мусійко

Національний транспортний університет (м. Київ, Україна)

Мережа трубопровідних магістралей в Україні друга за протяжністю в Європі. Її безвідмовна експлуатація забезпечується виключно шляхом капітального ремонту лінійної частини трубопроводів. Виконується ремонт на полосі відводу земель в зоні знаходження трубопроводу, яка повинна бути відновлена для ефективного природокористування. Ремонт трубопроводів зв'язаний зі зняттям поверхневого шару родючого ґрунту, переміщенням його у тимчасовий відвал без перемішування з мінеральним і зворотного переміщення цього ґрунту (рекультивації). Виконання вказаних робіт бульдозерами вкрай небезпечно та пов'язано з перемішуванням родючого ґрунту з мінеральним. Це є недопустимим як з точки зору дотримання агротехнічних вимог так і вимог «Відомчих будівельних норм і правил».

За результатами виконаних досліджень створено машину для пошарової розробки ґрунтів що здатна виконувати роботи по рекультивації родючих ґрунтів в зоні ремонту трубопроводів без перемішування родючого та мінерального ґрунту, переміщуючись вздовж трубопроводу не пересікаючи його. Машина включає гусеничний тягач та закріплене на його платформі фрезерно-ланцюгове робоче обладнання, здатне розробляти ґрунт над трубою з шириною захвату до 5,5 м, зрізуючи при цьому шар родючого ґрунту заданої товщини. Товщина шару ґрунту, що зрізується, може регулюватися. Максимальна товщина шару – 0,9 м. Перевантаження ґрунту у відвал здійснюється криволінійним стрічковим конвеєром. Рух машини по трубопроводу, без пошкодження останнього, забезпечується системою автоматичного управління та контролю за робочим процесом машини. При роботі машини перемішування родючого та мінерального ґрунту виключається. Продуктивність роботи машини до 800 м³/год.

Ключові слова: машина, ґрунт, розробка, трубопровід, рекультивація, перемішування, продуктивність.

Постановка проблеми та її актуальність.

Існуючі технології виконання капітального ремонту магістральних трубопроводів [1] не вирішують в повній мірі питання безпеки та якості виконання земляних та ремонтних робіт.

Аварійні ситуації цілком можливі при виконанні земляних робіт по рекультивації родючих ґрунтів, при відкритті трубопроводів та при підкопуванні ґрунту під трубопроводами по причині того, що безпека їх виконання винятково залежить від технічних можливостей машин та кваліфікації машиністів.

Технологічні вимоги щодо якісного і безпечного виконання робіт по зняттю над трубопроводом шару родючого ґрунту заданої товщини та переміщення його в зону тимчасового складування без перемішування з мінеральним ґрунтом існуючими технічними засобами [1]

виконати неможливо. Проблема відновлення родючості ґрунтів в зонах виконання капітального ремонту магістральних трубопроводів залишається не вирішеною.

З метою забезпечення швидкісних темпів виконання ремонтних робіт на магістральних трубопроводах ДП «Завод ім. В.А. Малишева» налагодив виробництво спеціальних землерийних машин підвищеної продуктивності, в тому числі машин для пошарової розробки (рекультивації) родючих ґрунтів [2].

Машини створені спільно спеціалістами НДТЦ «Ротор», НТУ, ВАТ «Укртрансффта» та ДП «Завод ім. В. А. Малишева».

Згідно вимог сучасних технологій [1] роботи по рекультивації ґрунтів можуть виконуватись бульдозером, або машиною пошарової розробки ґрунтів (МПРГ-ІМ) виробництва ДП «Завод

ім. В.А.Малишева». Недоліком цієї машини є те, що при виконанні робіт по рекультивациі, ґрунт розробляється в режимі віяльно-поступальної подачі робочого обладнання на забій, рис. 1.

Це ускладнює конструкцію, привід робочого обладнання, збільшує енергомiсткість розробки ґрунту. Використання на машині в якості евакуатора ґрунту на сторону від трубопроводу роторного металника, а не стрічкового конвеєра, збільшує енергетичні затрати на розробку ґрунту, розпорошує родючий ґрунт, змінюючи його структуру. Таким чином, питання підвищення якості рекультивациі родючих ґрунтів під час ремонту магістральних трубопроводів, за рахунок удосконалення техніки та технології їх виконання, потребує свого вирішення.

Аналіз результатів останніх досліджень і публікацій. Роботи по рекультивациі родючих ґрунтів в зоні ремонту магістральних трубопроводів повинні виконуватись у чіткій відповідності Відомчим будівельним нормам і правилам [1]. Згідно цих норм родючий шар ґрунту повинен зніматися шарами до 20 см та переміщуватися у тимчасовий відвал бульдозерами шляхом їх зворотньо-поступального переміщення перпендикулярно трубопроводу. При цьому не допускається перемішування родючого ґрунту з мінеральним.

Не важко зробити висновок про те, що запобігти перемішуванню родючого ґрунту з мінеральним, виконуючи роботи згідно діючих ВБН, не можливо. Крім того, переміщення бульдозера поперек трубопроводу безумовно змінює напружений стан самого трубопроводу, можливо у не дозволених межах. Слід відмітити, що цими ж нормами переїзд різних технологічних машин та засобів транспорту через трубопровід дозволяється тільки в місцях з обов'язковим спорудженням для переїзду спеціальних містків.

Допустимі напруження в металоконструкціях труб, термін служби яких складає 30 і більше років (в Україні таких нафтопроводів більше 90% [3]) розраховуються згідно спеціальних методик [4]. Розрахунки допустимих напружень в трубопроводах діаметром 720 мм, побудованих понад 30 років тому показали, що їх величина зменшилась за час експлуатації трубопроводу від 510 до 313 МПа [5].

В кінцевому рахунку можна стверджувати про низьку якість виконання бульдозерами земляних робіт по рекультивациі родючих ґрунтів в зоні ремонту трубопроводів та про небезпечність їх виконання. При аварії на нафто- чи газопроводах здійснити рекультивацию родючого ґрунту можливо лише через декілька років. Проведення капітального ремонту магістральних трубопроводів з використанням машини пошарової розробки ґрунту МПРГ-1, (див. рис. 1), здійснюється при

переміщенні машини вздовж трубопроводу, що є набагато безпечнішим, не зважаючи на недостатню якість виконання робіт по рекультивациі ґрунтів. Залишкові просипи ґрунту на дні відпрацьованої виїмки досягають 15%, має місце значне розпорошування родючого ґрунту по поверхні полони відводу. Очевидною є необхідність модернізації машини пошарової розробки ґрунтів для проведення капітального ремонту магістральних трубопроводів.



Рис. 1. Машина пошарової розробки (рекультивациі) ґрунту

Мета дослідження. Розробка технічної пропозиції на створення машини пошарової розробки родючих ґрунтів підвищеної продуктивності з виключенням можливості перемішування родючого та мінерального ґрунту.

Основна частина. Критерієм оцінювання можливості використання землерийних машин безперервної дії для виконання робіт по рекультивациі ґрунтів в зоні ремонту магістральних нафто- та газопроводів може бути величина напружень, що виникають в стінках труби при виконанні зазначених робіт. Оцінку зміни напруженого стану стінок труби магістрального трубопроводу, термін служби якого понад 30 років, при переїзді через нього бульдозера Komatsu D115A масою близько 39 т, що знімає шар родючого ґрунту над трубою здійснено шляхом виконання чисельного планового експерименту [6].

Встановлено [6], що найбільший приріст напружень в стінках труби \varnothing 530 мм при переїзді бульдозера поперек трубопроводу, тиску гусениць на ґрунт 0,15 МПа, складає близько 120 МПа. Це майже 50% від величини допустимих напружень. В стінках труби \varnothing 1420 мм вплив цього ж фактору змінює напруження на 50 МПа, що при величині допустимих напружень 313 МПа складає 16 -

20%. При тиску 0,1 МПа опорної поверхні гусениць бульдозера на ґрунт зі слабкою несучою здатністю ($E = 10$ МПа) при одній і тій же відстані 650 мм, опорної поверхні гусениць до труби напруження в стінках трубопроводів діаметром від 530 до 1420 мм змінюється від 35 до 92 МПа (майже в 3 рази). Додатковий «приріст» напружень в стінках трубопроводів $\varnothing 1420$ мм за аналогічних умов складає 35 МПа. Напруження в стінках трубопроводу збільшуються зі збільшенням тиску гусениць на ґрунт. Це більш помітно і значуще для труб малого діаметра ($\varnothing 530 - 720$ мм). При зміні тиску на ґрунт від 0,05 МПа до 0,15 МПа напруження змінюється в 2 - 2,5 рази. Сумарні (еквівалентні) напруження в стінках трубопроводу $\varnothing 1420$ мм, що експлуатується більше 30 років, та має місцеве одиночне корозійне пошкодження глибиною 5 мм при переїзді через нього бульдозера досягають 251 МПа, що складає 73 - 75% від значення допустимих напружень. Коефіцієнт запасу міцності стінок труби $\varnothing 1420$ мм в цьому випадку не перевищує 1,24, що явно недостатньо для гарантованого безпечного виконання робіт по зняттю шару родючого ґрунту над трубопроводом. Зі зменшенням діаметра трубопроводу та збільшенням кількості корозійних дефектів труби, величина коефіцієнта міцності буде тільки зменшуватись від величини 1,24, а це вже приводитиме до виникнення аварійних ситуацій.

З вище викладеного слідує висновок, що зняття родючого шару ґрунту над трубопроводами діаметром 530 - 1420 мм бульдозерами, шляхом їх поперечного чи поздовжньо-поперечного переміщення відносно осі труби, здатне викликати в її стінках зміну напружень від 10 МПа до 90 МПа. З урахуванням того, що ремонтуються трубопроводи віком 25 - 30 років і більше з корозійними пошкодженнями, а значить з суттєво зниженим запасом міцності, роботу бульдозерів в таких випадках слід вважати аварійною та недопустимою.

Рекультивацию ґрунту в процесі капітального ремонту магістральних трубопроводів пропонується виконувати шляхом пошарового зняття родючого ґрунту над трубопроводом при переміщенні спеціальної землерийної машини [7] вздовж трубопроводу. Складування ґрунту в окремих бруствер здійснюється з боку від утвореної виїмки за допомогою конвеєра.

В якості базового використовується шасі машини ШБ-1, в якості ґрунторозробного обладнання – ланцюгово-фрезерний робочий орган.

Конструкція шасі ШБ-1, рис. 2 створена нами та відпрацьована в промислових умовах експлуатації. Вона є найбільш прийнятною для розміщення ґрунторозробного та ґрунто-перевантажувального обладнання, завдяки наявності

розвинутої платформи. При встановленні на платформі шасі робочого обладнання забезпечується необхідне центрування та необхідні ходові якості машини.



Рис. 2. Базове шасі машини

Оригінальне ґрунторозробне обладнання машини, рис. 3 забезпечує розробку ґрунту забою шириною до 5,5 м, глибиною до 0,9 м за один прохід машини вздовж трубопроводу, залишкові просипи ґрунту на дні виїмки не перевищують 3 - 5% її об'єму. Товщина шару родючого ґрунту, що знімається за один прохід машини, та дальність його укладки в бруствер, відносно викопаної виїмки, змінні і призначаються в залежності від діючих вимог на виконання робіт. Перемішування родючого ґрунту з мінеральним – виключається. Продуктивність машини – до 800 м³/год. Процес розробки ґрунту показано на рис. 4



Рис. 3. Ґрунторозробне обладнання

В якості евакуатора ґрунту використовується криволінійний стрічковий конвеєр з регульованою дальністю відсипки ґрунту (рис. 5). Конструкція конвеєра відпрацьована нами в промислових умовах при використанні його на інших спеціальних землерийних машинах.

Обладнується машина системою автоматичного керування рухом машини вздовж трубопроводу, попереджувальною сигналізацією про відхилення від заданих режимів роботи, з автоматичним відключенням приводів машини при виникненні нештатних ситуацій.

Керування машиною здійснюється машиністом з кабіни шасі та дублюється оператором із виносного пульта, між якими встановлено радіозв'язок.



Рис. 4. Процес розробки ґрунту

Машина комплектується двигуном, агрегатами приводу гусеничного шасі та робочого обладнання імпортного виробництва, що забезпечує її надійність і довговічність на рівні кращих світових зразків.



Рис. 5. Криволінійний конвеєр-евакуатор ґрунту

Дослідний зразок модернізованої машини МПРГ-2 м пройшов випробування в умовах полігону НДТЦ «Ротор».

Висновки.

1. Обґрунтовано та розроблено технічну пропозицію на створення ефективної конструкції машини пошарової розробки (рекультивції) ґрунтів при капітальному ремонті магістральних трубопроводів;

2. Робота машини повністю задовольняє вимоги Відомчих будівельних норм (ВБН

3.1-00013741-08:2008) на виконання рекультивції ґрунтів в зоні ремонту магістральних трубопроводів.

Література

1. Магістральні газопроводи. Лінійна частина. Капітальний ремонт. ВБН 3.1-00013741-08:2008. Міністерство палива на енергетики України. К.: – 2008. 214 с.

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

3. Василюк В.М. Основні напрямки забезпечення надійності експлуатації магістральних нафтопроводів України / Сборник докладов науч. техн. семинара Обеспечение эксплуатационной надежности систем трубопроводного транспорта. – К.: НТК Институт электросварки им. Е.О. Патона, 2009.

4. ВБН В.3.1-320. 20077720.05-2003. «Магістральні трубопроводи. капітальний ремонт. Розрахунок міцності та стійкості лінійних ділянок магістральних нафтопроводів діаметром від 377 до 1220 мм». – К.: НАК «Нафтогаз України» – 2003.

5. ВБН В.2.3-00018201.04-2000. «Розрахунок на міцність діючих магістральних нафтопроводів з дефектами». – К.: Держнафтогазпром України – 2000.

6. Мусійко В.Д. Результаты випробування змінного обладнання екскаватора для підкопування та ущільнення ґрунту під трубопроводом / В.Д. Мусійко, М.П. Кузьмінець // Интенсификация рабочих процессов строительных и дорожных машин. Серия: Подъемно-транспортные, строительные и дорожные машины и оборудование Сборник научных трудов. – Днепропетровск: ГВУЗ "ПГАСА" 2012. – Вип. 2, № 66. – С. 101 -105.

7. Мусійко В.Д. Обґрунтування компоновочної схеми машини рекультивції ґрунту для виконання капітального ремонту магістральних газопроводів / В.Д. Мусійко // Интенсификация рабочих процессов строительных и дорожных машин. Серия: Подъемно-транспортные, строительные и дорожные машины и оборудование Сборник научных трудов. – Днепропетровск: ГВУЗ «ПГАСА», 2014. – Вип. 3, № 79. – С. 141 -147.

Аннотация**Машина для рекультивации грунтов в зоне ремонта магистральных трубопроводов****В.Д. Мусійко**

Сеть трубопроводных магистралей в Украине вторая по протяженности в Европе. Ее безотказная эксплуатация обеспечивается исключительно путем капитального ремонта линейной части трубопровода. Выполняется ремонт на полосе отвода земель в зоне нахождения трубопровода, которая должна быть восстановлена для эффективного природопользования. Ремонт трубопроводов связан со снятием поверхностного слоя плодородной почвы, перемещением его во временный отвал без перемешивания с минеральным и обратным перемещением этого грунта (рекультивации). Выполнение указанных работ бульдозерами крайне опасно и связано с перемешиванием плодородного грунта с минеральным. Это недопустимо как с точки зрения соблюдения агротехнических требований так и требований соответствующих «Ведомственных строительных норм и правил».

По результатам выполненных исследований создана машина для послойной разработки грунтов, которая способна выполнять работы по рекультивации плодородных почв в зоне ремонта трубопроводов без перемешивания плодородного и минерального грунта перемещаясь вдоль трубопровода не пересекая его. Машина включает гусеничный тягач и закрепленное на его платформе фрезерно-цепное рабочее оборудование, способное разрабатывать грунт над трубой с шириной захвата до 5,5 м, срезая при этом слой плодородной почвы заданной толщины. Толщина срезаемого слоя грунта может регулироваться. Максимальная толщина слоя – 0,9 м. Перегрузка почвы в отвал осуществляется криволинейным ленточным конвейером. Движение машины по трубопроводу без повреждения последнего обеспечивается системой автоматического управления и контроля за рабочим процессом машины. При работе машины перемешивание плодородного и минерального грунта исключается. Производительность работы машины до 800 м³/час.

Ключевые слова: машина, почва, разработка, трубопровод, рекультивация, перемешивание, производительность

Abstract**Machine for Soil Reclamation in the Transmission Pipeline Repair Area****V.D. Musiiko**

Pipework network in Ukraine is the second longest in Europe. Its faultless operation is ensured only by the overhaul of the pipeline. Repair is carried out on a land acquisition strip in the pipeline location area that needs to be restored for effective environmental management. Repair of pipelines is associated with the removal of the surface layer of fertile soil, moving it to a temporary dump without moving the mineral to the side from the pipeline and reverse movement of the ground (reclamation). Performance of specified work by bulldozers is extremely dangerous and is associated with mixing fertile soil with the mineral one. This is unacceptable from the point of compliance with the agrotechnical requirements and requirements of the «departmental building codes».

From the results of research the machine for layering soil excavation, which is able to perform work on the reclamation of the fertile soil in the pipe repair zone without mixing fertile and mineral soil with moving along the pipeline without crossing it, was created. The machine includes crawler tractor and mounted on its platform chain-milling operating equipment, that is able to excavate soil above the pipe with a working width up to 5.5 meters, cutting off the layer of a given thickness of fertile soil. The thickness of a cut off layer of soil can be regulated. Maximum thickness – 0,9 m. Reloading of the soil to the dump is made by the curved belt conveyor. The movement of the machine through the pipeline without its damaging is provided by the automatic control system and control of the working process of the machine. The mixing of the fertile and mineral soil during the machine working is excluded. Performance of the machine is up to 800 m³/h.

Keywords: machine, soil, excavation, pipeline, reclamation, mixing, performance

Представлено від редакції: М.А. Подригало / Presented on editorial: M.A. Podrygalo

Рецензент: М.Л. Шуляк / Reviewer: M.L. Shuljak

Подано до редакції / Received: 07.10.2016