

ОБҐРУНТУВАННЯ КОМПОНОВОЧНОЇ СХЕМИ МАШИНИ РЕКУЛЬТИВАЦІЇ ГРУНТУ ДЛЯ ВИКОНАННЯ КАПІТАЛЬНОГО РЕМОНТУ МАГІСТРАЛЬНИХ ГАЗОПРОВОДІВ

Актуальність проблеми та її зв'язок з науковими завданнями.

Прийнятними та безпечними під час виконання капітального ремонту газопроводів слід вважати такі прийоми виконання робіт механізованим способом, які не спричиняють значної зміни напруженого стану лінійної частини магістрального газопроводу (труби), а краще не змінюють його зовсім.

Зважаючи на те, що більше 50% діючих газопроводів в Україні експлуатуються без ремонту більше 30 років та вичерпали свій експлуатаційний ресурс, в країні гостро стоїть проблема удосконалення техніки та технології виконання капітального ремонту магістральних трубопроводів. Це повинно забезпечити надійність, безпечну експлуатацію і ремонт стратегічно важливої трубопровідної системи, яка стоїть на межі експлуатаційних відмов через зношування її лінійної частини, переважно корозійне.

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

Аварійні ситуації не виключаються при виконанні робіт по рекультивації родючих шарів ґрунту під час ремонту трубопроводів, при їх відкритті одноківшовими екскаваторами, а також при підкопуванні ґрунту під трубопроводами перед усім тому, що безпека виконання робіт винятково залежить від технічних та технологічних можливостей машин та кваліфікації їх машиністів.

Для вирішення проблеми забезпечення високих темпів виконання ремонтних робіт на магістральних газопроводах спільно НДТЦ "Ротор" та ДП "Завод ім. В.А. Малишева" було створено та налагоджено серійне виробництво комплексу спеціальних землерийних машин підвищеної продуктивності [2]. До складу комплексу входила і землерийна машина для пошарової розробки (рекультивації) родючих ґрунтів в смузї відведення земель для ремонту трубопроводу.

Згідно вимог сучасних технологій виконання робіт по рекультивації ґрунтів вони можуть виконуватись бульдозером, або вказаною вище машиною пошарової розробки

ґрунтів МПРГ-ІМ. Суттєвим недоліком машини МПРГ-ІМ є те, що ґрунт при виконанні робіт по рекультивациі розробляється в режимі віяльно-поступальної подачі робочого обладнання на забій. Це ускладнює конструкцію та установку приводу робочого обладнання, збільшує енергомiсткість розробки ґрунту. Використання на машині в якості евакуатора ґрунту на сторону від забою роторного металника, а не стрічкового конвеєра, також збільшує енергетичні затрати на розробку ґрунту. Таким чином, питання підвищення ефективності, безпеки та якості виконання робіт по рекультивациі ґрунтів під час ремонту магістральних газопроводів за рахунок удосконалення техніки та технології їх виконання потребує свого вирішення.

Дана робота відповідає напряму та завданням Державної науково-технічної програми «Нафта і газ України до 2015 року» (постанова Кабінету Міністрів України №125 від 17.02.95 р.).

Аналіз результатів останніх досліджень і публікацій.

Оцінимо існуючі машини та механізми, що виконують роботи по рекультивациі ґрунтів в зоні ремонту магістральних трубопроводів на відповідність вимогам, передбаченим діючими нормативними документами та вплив цих машин на зміну напруженого стану труби на прикладі трубопроводу Ø 1420 мм, при зміні факторів, які зумовлюють виникнення цих напружень.

Відомі будівельні норми ВСН 51-1-97 «Правила производства работ при капитальном ремонте магистральных газопроводов» передбачають:

- п. 3.3.6 "Плодородный слой почвы (глубина снятия определяется по ГОСТ 17.5.3.06-85) должен быть снят и перемещен во временный отвал. Снятие почвы и перемещение ее в отвал следует производить бульдозерами продольно-поперечными ходами при толщине слоя до 20 см и поперечными – при толщине слоя более 20 см".

- п. 3.3.7. "Снятие плодородного слоя рекомендуется производить на всю толщину, по возможности за один проход или послойно за несколько проходов. Не допускается смешивание плодородного слоя почвы с минеральным грунтом".

В новій редакції цих ВСН 51-1-97 – СТО Газпром (2006 р.) «Правила производства работ при капитальном ремонте линейной части магистральных газопроводов», що використовуються зараз в системі «Укртрансгазу» як керівний документ передбачається:

- п. 6.3.8. "Плодородный слой почвы (глубина снятия определяется по ГОСТ 17.5.3.06-85) снимается и перемещается во временный отвал". (Зняття робочого шару ґрунту передбачається, як і раніше, виконувати бульдозерами).

- п. 6.3.9. "Снятие плодородного слоя рекомендуется производить на всю

толщину, по возможности за один проход, или послойно за несколько проходов. Не допускается смешивание плодородного слоя почвы с минеральным грунтом".

Допустимі значення напружень в металоконструкціях труб, термін служби яких складає 30 років, при відсутності або наявності корозійних дефектів на поверхні труби розраховується згідно методик викладених в ВБН В.3.1-320.20077720.05-2003/ НАК «Нафтогаз України» «Магістральні трубопроводи. Капітальний ремонт. Розрахунок міцності та стійкості лінійних ділянок магістральних нафтопроводів діаметром від 377 до 1220 мм» та ВБН В.2.3.-00018201.04-2000/ Держнафтогазпром України. «Розрахунок на міцність діючих магістральних нафтопроводів з дефектами».

Розрахунки виконані ВАТ «Інститут транспорту нафти» з використанням вказаних документів за результатами технічної діагностики ділянки трубопроводу «Кременчук-Херсон» (25 км, введеного в дію 1983 р), показали, що величина допустимих напружень $[\sigma_e]$ в металоконструкції труби зменшилася за час експлуатації трубопроводу від 510 МПа до 313 МПа.

Зміна величини допустимих напружень в тілі труби в зв'язку з її старінням доволі значна і це, в свою чергу, обумовлює підвищену увагу до вибору технічних засобів виконання земляних робіт під час капітального ремонту магістральних трубопроводів та до технології використання цих технічних засобів. Очевидно, що використання бульдозерів, які рухаються поперек трубопроводу (тим більше старого) під час виконання робіт по рекультивації родючих ґрунтів в зоні ремонту труби не слід вважати оптимальним по причині їх значного впливу на зміну напружено-деформованого стану труби.

Мета дослідження. Обґрунтування та розробка оптимальної компоновочної схеми машини пошарової розробки (рекультивації ґрунтів) для виконання капітального ремонту магістральних трубопроводів.

Основна частина. Оцінку впливу на зміну напруженого стану труби магістрального трубопроводу \varnothing 1420 мм, термін служби якої 30 років, при переїзді через неї бульдозера гусеничного (Comatsu D 115A) масою 38,7 т, наприклад, що виконує зняття родючого шару ґрунту над трубою, здійснено шляхом виконання чисельного планового експерименту з використанням методу скінчених елементів.

В якості змінних факторів, які чинять найбільш суттєвий вплив на зміну напруженого стану трубопроводу, при інших незмінних умовах, було прийнято:

- відстань від опорної поверхні гусениць бульдозера до поверхні труби, $h_{тр}$, мм;
- діаметр трубопроводу, $D_{тр}$, мм;
- тиск гусениць бульдозера на опорну поверхню, $P_{тр}$, МПа;

- модуль пружності ґрунту, $E_{гр}$, МПа.

Останній фактор умовно прийнято в якості узагальнюючої характеристики фізико-механічних властивостей ґрунту, що розробляється.

В результаті виконаних досліджень встановлено ступінь впливу вказаних факторів на напруження в металоконструкції труби магістрального газопроводу та закономірності зміни напружень під дією зовнішніх навантажень, рис. 1.

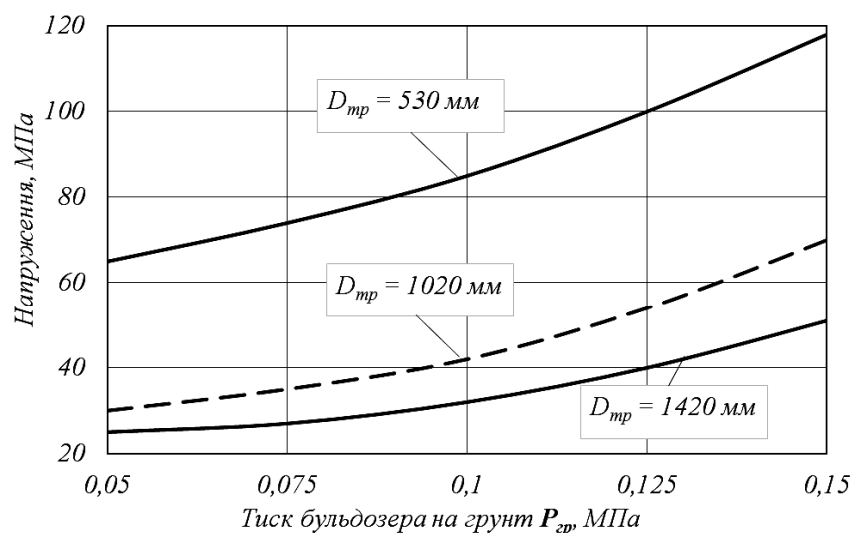


Рис. 1. Зміна напружень в металоконструкції труби при переїзді через неї бульдозера.

Встановлено, що найбільший приріст величини напружень в стінках труби при переїзді бульдозера поперек трубопроводу і тиску гусениць бульдозера на ґрунт 0,15 МПа, складає близько 120 МПа і має місце для труб \varnothing 530 мм. Це становить майже 50 % від величини допустимих напружень. В трубі \varnothing 1420 мм вплив цього ж фактора змінює напруження в стінках труби 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 опорної поверхні гусениць до труби в 650 мм, 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 в аналогічних умовах 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 величина напружень, при інших рівних умовах, змінюється в 2...2,5 рази. Сумарні (еквівалентні) діючі напруження в стінках трубопроводу \varnothing 1420 мм який експлуатується більше 25 років, та має місцеве одиночне корозійне пошкодження

глибиною 5 мм при переїзді через нього бульдозера досягають 251 МПа. Це складає 73...75% від значення допустимих напружень. Коефіцієнт запасу міцності стінок трубопроводу Ø 1420 мм в цьому випадку не перевищує 1,24, що явно недостатньо для гарантованого безпечного виконання робіт по зняттю родючого шару 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 призводитиме до виникнення аварійних ситуацій.

В кінцевому рахунку можна зробити висновок про те, що зняття родючого шару ґрунту над газопроводами діаметром 530...1420 мм бульдозерами, шляхом їх поперечного чи поздовжньо-поперечного переміщення відносно вісі труби, здатне викликати в її стінках зміну напружень на величину до 90...100 МПа. З урахуванням того, що ремонтуються трубопроводи віком 25...30 років з корозійними пошкодженнями, а значить з суттєво зниженим запасом міцності, роботу бульдозерів в таких режимах слід вважати аварійною та недопустимою.

З урахуванням вище викладеного рекультивацію родючого ґрунту пропонується виконувати шляхом пошарового зняття родючого ґрунту над трубопроводом при переміщенні спеціальної землерийної машини вздовж вісі трубопроводу та складування ґрунту в окремий бруствер з одного чи другого боку від утвореної виїмки, не перемішуючи родючий ґрунт з мінеральним.

Машина рекультивації ґрунтів – це самохідна землерийна машина до складу якої входить самохідне гусеничне шасі типу ШБ-1 та ґрунторозробне навісне обладнання ланцюгово-фрезерного типу (рис. 2).

Конструкція базового шасі ШБ-1 (рис. 2 в) машини створена нами та відпрацьована в промислових умовах експлуатації, є найбільш придатною для розміщення на ньому ґрунторозробного та ґрунторозвантажувального обладнання, завдяки наявності на шасі розвинутої платформи для розміщення навісного обладнання. На шасі ШБ-1, при встановленні на ньому робочого обладнання машини, забезпечується необхідне центрування та необхідні ходові якості машини в цілому. Натурний зразок фрез оригінального ґрунторозробного обладнання машини (рис. 2 б), що забезпечує розробку ґрунту забою шириною до 5,5 м, розроблений та успішно пройшов випробування на роботоздатність і ефективність роботи в умовах полігону НДТЦ «Ротор». В якості евакуатора ґрунту використовується криволінійний стрічковий конвеєр з регульованою дальністю відсипки ґрунту (рис. 2 г). Конструкція конвеєра відпрацьована нами в промислових умовах при використанні його на інших машинах комплексу.

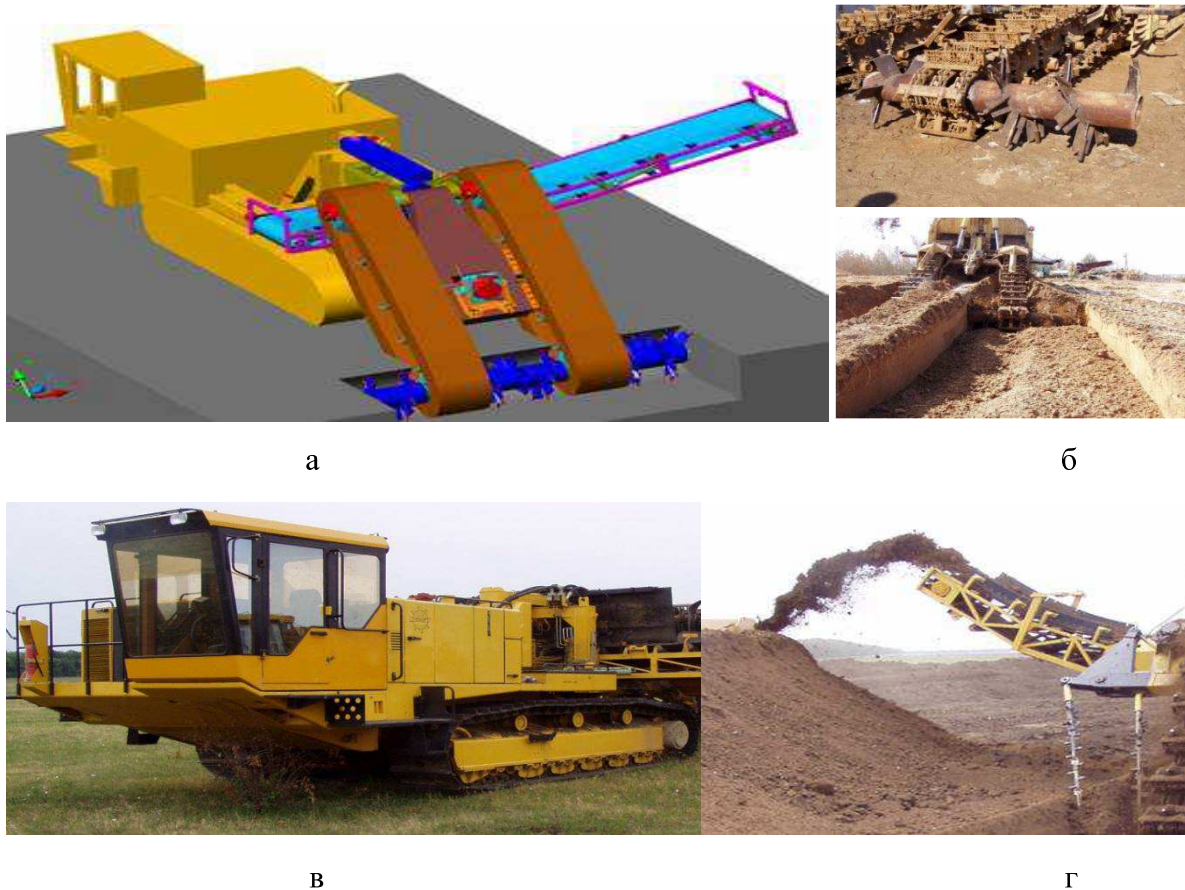


Рис. 2. Технічна пропозиція на створення машини пошарової розробки (рекультивациі) ґрунту: а – загальний вигляд; б – встановлення ґрунторозробних фрез; в – модернізоване базове шасі; г – криволінійний конвеєр-евакуатор ґрунту.

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.

У процесі роботи машини знімаються поперечні нахили рельєфу місцевості над трубою, що створює оптимальні умови для виконання наступних робіт. При цьому, на відміну від традиційного методу зняття родючого шару ґрунту бульдозером, виключаються переміщення машини поперек трубопроводу.

Крім вище вказаного машина забезпечує:

- розробку виїмок необхідних розмірів на подовжніх ухилах місцевості над трубопроводом до 15° і поперечних – до 12° ;
- евакуацію ґрунту в бруствер у правий або лівій бік від подовжньої осі виїмки;
- розробку виїмок в родючому чи мінеральному ґрунтах над трубопроводами

діаметром 530...1420 мм симетрично щодо подовжньої осі труби з похибкою ± 50 мм;

- розробку виїмок над трубопроводом із радіусом його кривизни в плані не менше 60 діаметрів труби;

- контроль положення шасі машини і робочого органа відносно труби у вертикальній і горизонтальній площинах незалежно від поперечного ухилу місцевості.

Машина може бути використана для розробки як родючого, так потім і мінерального шарів ґрунту над діючим трубопроводом при виконанні робіт із його капітального ремонту, а також для зняття забруднених поверхневих шарів ґрунту при ліквідації наслідків техногенних катастроф.

Машина обладнується системою спостереження за віссю трубопроводу, що видає інформацію машиністу про рух за курсом, а також попереджувальною та аварійною звуковою сигналізацією при відхиленні від заданих режимів її роботи, з автоматичним відключенням приводів машини при виникненні нештатних ситуацій.

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

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

Висновки. Виконані дослідження дозволили обґрунтувати та розробити оригінальну компоновочну схему машини пошарової розробки (рекультиватії) ґрунтів для ефективного та безпечного виконання земляних робіт при капітальному ремонті магістральних трубопроводів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Магістральні газопроводи. Лінійна частина. Капітальний ремонт. ВБН 3.1-00013741-08:2008. Міністерство палива та 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. Мусийко // Трубопроводный транспорт нефти. – М.: АК "Транснефть", 1944. – № 2. – С. 28 – 32.