

## ДОРОЖНІ МАШИНИ

УДК 624.132.3

Кузьмінець М.П., канд. техн. наук

### ПРИНЦИПИ ФОРМУВАННЯ СПЕЦІАЛЬНИХ ЗЕМЛЕРИЙНИХ МАШИН ТА КОМПЛЕКСІВ ДЛЯ РОБОТИ В УМОВАХ БЛИЗЬКО РОЗТАШОВАНИХ ДІЮЧИХ ТРУБОПРОВОДІВ

**Анотація.** У статті проаналізовано характерні особливості робочих процесів землерійних машин для роботи в умовах близько розташованих діючих трубопроводів. Обґрунтовано визначальні принципи формування спеціальних землерійних машин та комплексів для роботи в умовах близько розташованих діючих трубопроводів.

**Ключові слова:** землерійна машина, робочий орган, ґрунтове середовище, магістральний трубопровід, напружений стан.

**Аннотация.** В статье проанализированы характерные особенности рабочих процессов землеройных машин для работы в условиях близко расположенных действующих трубопроводов. Обосновано определяющие принципы формирования специальных землеройных машин и комплексов для работы в условиях близко расположенных действующих трубопроводов.

**Ключевые слова:** землеройная машина, рабочий орган, ґрунтова середовище, магістральний трубопровід, напруженное состояние.

**Annotation.** The paper analyzes the characteristics of business processes earthmoving machines to operate in close-existing pipelines. Justified by defining the principles of special excavation equipment and systems for use in close-existing pipelines.

**Key words:** digger, a working body, groundwater environment, the main pipeline, the state of stress.

## Вступ

Основними принципами формування нових та вдосконалення існуючих землерийних машин вважаються шляхи пов'язані з підвищенням їх ефективності та продуктивності за рахунок: мінімізації енергоємності робочих процесів; інтенсифікації робочих процесів шляхом вдосконалення методів впливу на середовище та застосування нових ефектів, комбінації схем впливу, застосування нових матеріалів; підвищення якості та надійності машин; застосування комп'ютеризації та роботизації; вдосконалення систем приводів та енергетичних установок; автоматизації проектування машин.

**Аналіз досліджень.** Найбільш повно такі напрями висвітлено в роботі [1]. Безперечно такі принципи є важливими, однак чи дозволить, навіть, високоефективна та високопродуктивна техніка забезпечити основну умову роботи машин для капітального ремонту магістральних трубопроводів – безпечне ведення робіт в умовах близько розташованих діючих трубопроводів під тиском.

**Проблема.** Отже присутність діючого магістрального трубопроводу в зоні роботи машини накладає певні обмеження на величину прикладених робочим обладнанням навантажень на ґрунтове середовище [2...8] та потребує специфічних підходів для розгляду робочих процесів машин в обмежених просторових умовах траншеї при наявності трубопроводів.

**Мета дослідження.** Обґрунтувати визначальні принципи формування спеціальних землерийних машин та комплексів для роботи в умовах близько розташованих діючих трубопроводів.

**Задачі дослідження:** проаналізувати характерні особливості робочих процесів землерийних машин для роботи в умовах близько розташованих діючих трубопроводів та встановити спільну ідею на якій базується реалізація принципів формування машин та комплексів для спільної роботи.

**Основна частина.** Під час виконання робіт з капітального ремонту магістральних трубопроводів до основних технологічних операцій (рис. 1), які виконують землерийні машини, належать [9]:

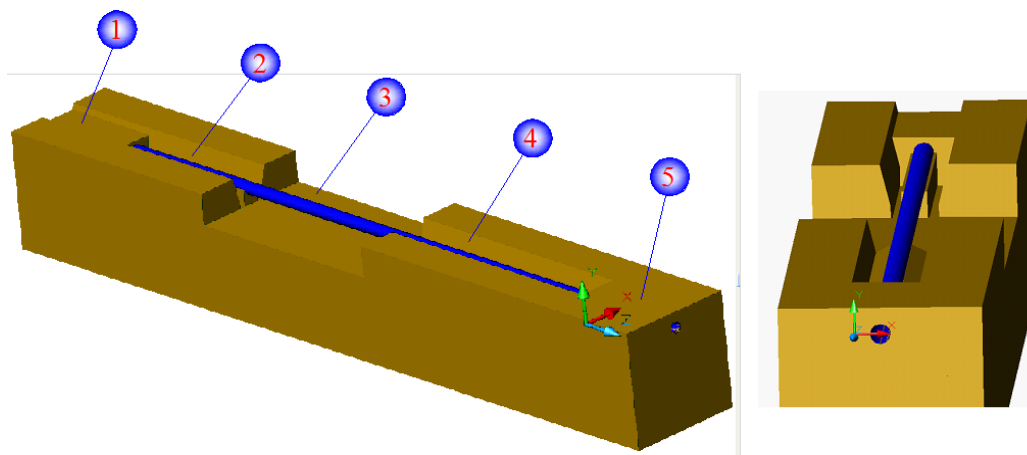
1 – знімання родючого шару ґрунту над трубопроводом та транспортування його в бруствер по один бік від траншеї;

2 – розробка мінерального ґрунту зверху і з боків трубопроводу, формування необхідних кутів нахилу стінок траншеї (для забезпечення її стійкості) та транспортування розробленого ґрунту в бруствер по інший бік від траншеї;

3 – підкопування ґрунту під трубопроводом (для забезпечення проходу технологічних машин з очищення труби та нанесення нового ізоляційного покриття) з транспортуванням ґрунту в додаткові приямки;

4 – розробка бруствера мінерального ґрунту та засипання його під відремонтований трубопровід з наступним ущільненням ґрунту під трубою, з метою забезпечення стійкості ґрунтового фундаменту під трубопроводом;

5 – розробка бруствера родючого ґрунту та остаточне засипання ним повністю відремонтованого магістрального трубопроводу.



**Рисунок 1** – Технологічні операції виконання земляних робіт під час капітального ремонту магістрального трубопроводу

Виконання кожної технологічної операції передбачає взаємодію робочого обладнання з ґрунтовим середовищем в умовах близько розташованого трубопроводу.

Для глибшого розуміння процесів які відбуваються під час виконання кожної технологічної операції розглянемо їх структуру – складові частини, які пов'язані з процесами руйнування та ущільнення ґрунту.

Під час знімання родючого шару ґрунту над магістральним трубопроводом (МТ) та транспортування його в бруствер по один бік від траншеї відбувається:

- навантаження ходовим обладнанням базової машини середовища та його вплив на МТ, що можна ідеалізувати у вигляді дії гусениць, як елементарних робочих органів (штампів) на середовище та ущільнення або руйнування останнього;

- дія робочого обладнання для пошарової розробки ґрунту на середовище у вигляді прикладення вертикальної та горизонтальної складових сил на площу контакту робочого обладнання та вплив цих навантажень на МТ;

- дія власної ваги труби з продуктом (нафтою) на середовище, та можливий вплив тиску на робочі процеси різання та ущільнення, що потребує підтвердження і визначення в даній роботі.

Виконання технологічної операції розкривання магістрального трубопроводу від мінерального ґрунту зверху і з боків та формування необхідних кутів нахилу стінок траншеї передбачає:

- навантаження ходовим обладнанням базової машини середовища та його вплив на МТ;

- дію робочого обладнання для розкривання магістрального трубопроводу з боків на середовище у вигляді прикладення вертикальної, горизонтальної та бокової складових сил на площу контакту робочого обладнання та вплив цих навантажень на МТ;

- дію робочого обладнання для розкривання МТ зверху на середовище у вигляді прикладення вертикальної та горизонтальної складових сил на площу контакту робочого обладнання та вплив цих навантажень на МТ;

- навантаження від власної ваги труби з продуктом (нафтою) на середовище, та можливий вплив тиску на робочі процеси різання та ущільнення, а також вплив на стійкість ґрунтової опори, що залишилась під трубопроводом;

- вплив робочого обладнання для формування необхідних кутів нахилу стінок траншеї на середовище на стійкість траншеї;

- вплив відсипаних у результаті розкривання трубопроводу брустверів мінерального та родючого ґрунту на бокові стінки траншеї та їх стійкість.

У процесі підкопування ґрунту під трубопроводом відбувається:

- дія робочого обладнання для підкопування магістрального трубопроводу на середовище у вигляді прикладення вертикальної та горизонтальної складових сил на площу контакту робочого обладнання та вплив цих навантажень на МТ;

- навантаження від власної ваги труби з продуктом (нафтою) на ґрунтову опору під магістральним трубопроводом перед підкопувальним обладнанням, та вплив дії МТ на робочі процеси підкопування та стійкість ґрунтової опори, що залишилась під трубопроводом;

- вплив маси робочого обладнання підкопування та схеми його обпирання на трубу на зміну напружено-деформованого стану трубопроводу.

Виконання технологічної операції засипання відремонтованого трубопроводу ґрунтом з наступним ущільненням його під трубою передбачає:

- навантаження ходовим обладнанням базової машини середовища та його вплив на стійкість траншеї;

- дію робочого обладнання для ущільнення ґрунту під трубопроводом у вигляді прикладення навантажень на середовище від лопаток, що рухаються одна проти одної під трубою та вплив цих навантажень на МТ та стійкість ґрунтового фундаменту під трубою;

- дію робочого обладнання для засипання ґрунту під трубопроводом на МТ та вплив взаєморозташування обладнання ущільнення та засипання на якість ущільнення ґрунту під МТ та стійкість ґрунтового фундаменту під ним.

Остання технологічна операція пов'язана з розробкою бруствера родючого ґрунту та остаточним засипання ним повністю відремонтованого магістрального трубопроводу є фактично повторенням операції знімання родючого шару ґрунту, з різницею в тім, що базовий тягач рухатиметься на відстані від МТ, з боку від частково засипаної траншеї. При цьому чинитиметься найменший вплив робочого обладнання на напружений стан МТ.

Аналіз структури кожної технологічної операції дозволяє зробити наступні загальні висновки:

1. Спільним для виконання всіх технологічних операцій є наявність в зоні виконання робочих операцій близько розташованого МТ та впливу через

середовище робочих процесів на зміну напруженого стану МТ та навпаки – впливу МТ на протікання робочих процесів машин.

2. Взаємодію робочого та ходового обладнання машин з середовищем можна в загальному представити у вигляді дії елементарних робочих органів (штампів) на ґрунт.

3. Процеси руйнування та ущільнення середовища, що виникають у результаті дії на середовище робочих процесів машин та МТ, необхідно розглядати з єдиної позиції – виникнення пластичної деформації в середовищі: якщо її значення за межею втрати стійкості (руйнування), до межі втрати стійкості (ущільнення).

4. У результаті взаємодії обладнання з середовищем виникаючі процеси руйнування або ущільнення останнього необхідно розглядати не окремо, а їх складну просторову комбінацію.

5. Розгляд енергетичної взаємодії процесів різання та ущільнення середовища дозволить виявити умови, коли обидва процеси заважають один одному, або ж навпаки допомагають (рис. 2), що дозволить встановити нові явища і керувати ними з метою визначення раціональних параметрів та режимів роботи обладнання машин.



**Рисунок 2** – Типові комбінації одночасної взаємодії процесів різання та ущільнення

Саме такі підходи дозволять отримати найбільш повну інформацію про особливості взаємодії робочого обладнання з середовищем в умовах роботи з

близько розташованими діючими трубопроводами та сформулювати основні принципи створення ефективних землерийних машин та комплексів для капітального ремонту МТ.

З огляду на це вважаємо, що *визначальними принципами створення машин та комплексів для роботи в зазначених умовах є:*

1. Забезпечення мінімального впливу робочих процесів машин на зміну напружено деформованого стану трубопроводу біля якого виконуються роботи та на основі цього – встановлення раціональних параметрів робочого обладнання та режимів його роботи;

2. Комбінування кількох робочих органів для виконання кількох технологічних операцій однією машиною виконується на основі того, що робочі процеси кожного робочого органа не повинні заважати один одному, а по можливості доповнювати та інтенсифікувати їх.

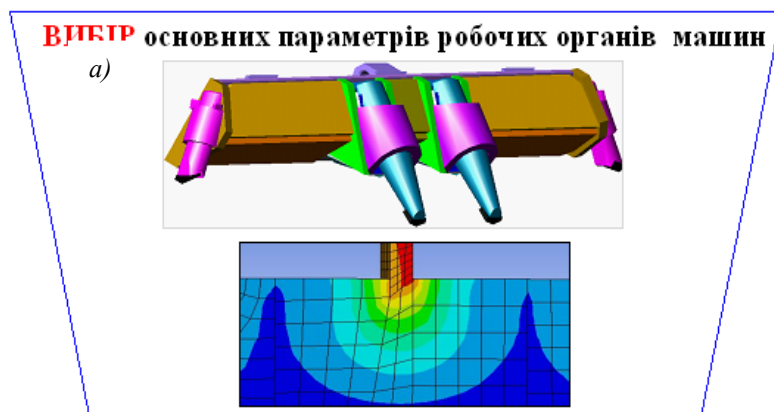
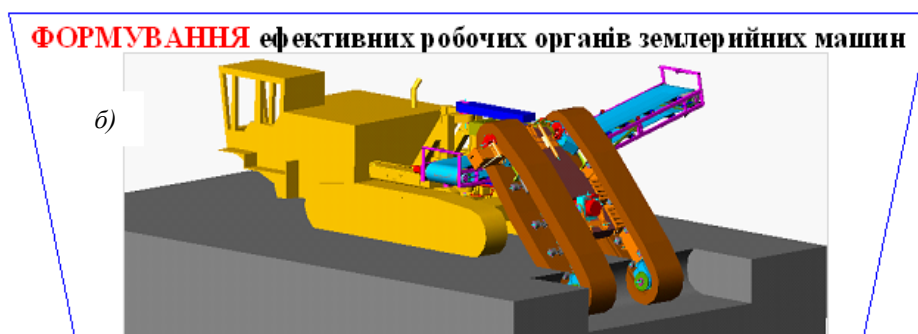
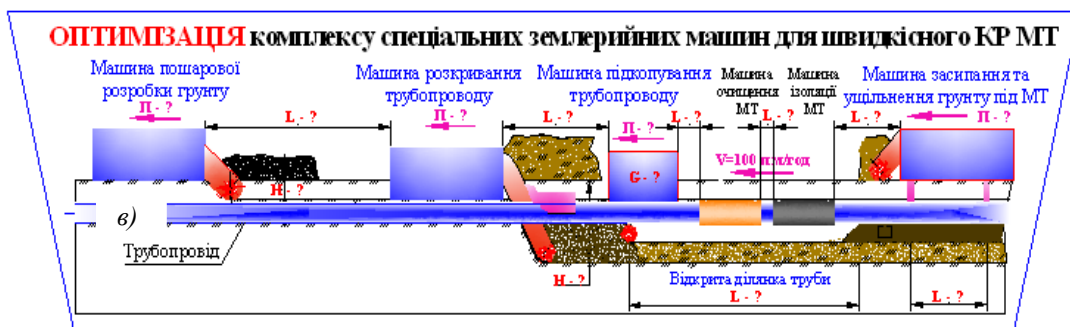
3. Формування комплексу землерийних машин необхідно здійснювати на основі мінімального або допустимого взаємовпливу на зміну НДС магістрального трубопроводу забезпеченням мінімальної довжини і ширини захватки та з урахуванням забезпечення попередньою машиною найбільш сприятливих умов для роботи наступних машин.

*Реалізація таких принципів дозволить* гарантувати безпечне виконання технологічних операцій як окремими машинами так і поєднаними в комплекс спеціальних землерийних машин для виконання робіт з капітального ремонту МТ.

*Реалізація зазначених принципів базується* на спільній ідеї – через визначення напружено-деформованого стану (НДС) середовища, вдасться оцінити вплив робочих процесів на зміну НДС МТ, а знання величини допустимого впливу – визначити параметри та режими роботи робочих органів (РО) машин та комплексів в цілому, які не призведуть до перевищення НДС трубопроводу та гарантуватимуть безпеку виконання робіт під час капітального ремонту діючих МТ.

На основі цього пропонується розглядати робочі процеси землерийних машин для капітального ремонту магістральних трубопроводів у вигляді взаємодії підсистем «робочий орган – ґрунт – трубопровід», «машина з кількома РО – ґрунт – трубопровід», «комплекс машин – ґрунт – трубопровід» (рис. 3).

Ми вважаємо, що розглядаючи середовище (грунт) під навантаженням робочого органа – інформація про закономірності розподілення в ґрунті полів напружень та деформацій дозволить оцінити вплив РО на напружений стан тіла трубопроводу.



**Рисунок 3** – Схема взаємодії підсистем: а) «робочий орган – ґрунт – трубопровід»; б) «машина – ґрунт – трубопровід»; в) «комплекс машин – ґрунт – трубопровід»

І навпаки, задавшись гранично-допустимими значеннями НДС трубопроводу, через напружений стан середовища стане можливим вийти на раціональні параметри РО, при яких чинитиметься мінімальний вплив робочих процесів на МТ, що дозволить безпечно виконувати роботи з капітального



ремонті МТ. Іншими словами – НДС середовища дозволить оцінити вплив РО на трубопровід та на основі цього визначити такі параметри РО, які б чинили мінімальний вплив на НДС трубопроводу.

Наступним кроком реалізації таких принципів пропонується розглядати складний просторовий вплив тягача та робочого органа (кількох РО) на середовище з урахуванням близько розташованого трубопроводу вигляді взаємодії підсистеми «машина – ґрунт – трубопровід».

І завершальною стадією роботи передбачається оцінка впливу всього комплексу землерийних машин на зміну НДС трубопроводу через взаємодію з середовищем у вигляді підсистеми «комплекс машин – ґрунт – трубопровід».

### Література

1. Машини для земляних робіт: Навчальний посібник / Хмара Л.А, Кравець С.В., Нічке В.В., Назаров Л.В., Скоблюк М.П., Нікітін В.Г. Під загальною редакцією проф. Хмари Л.А. та проф. Кравця С.В. Рівне - Дніпропетровськ - Харків. - 2010. 557 с.
2. Инструкция по устройству обратных засыпок грунта в стесненных местах: СН 536-81. – М.: Стройиздат, 1982. – 32 с.
3. Бобылев Л.М. Уплотнение грунтов обратных засыпок в стесненных условиях строительства. – М.: Стройиздат, 1981. – 250 с.
4. Клейн Г.К. Расчет труб, уложенных в земле. – М.: Гос. изд-во по строительству и архитектуре, 1957. – 194 с.
5. Клейн К.Г. Расчет подземных трубопроводов. – М.: Изд-во литературы по строительству, 1969. – 239 с.
6. Кузнецов О.М. Расчет допустимой загрузки на трубопровод. – М., 1986. – 7 с. – Деп. в ЦНИИТЭстройдормаш 28.03.86, № 56-СД-86.
7. Манжелей Ю.В. и др. Механизация работ по устройству обратных засыпок в стесненных условиях. – М.: Стройиздат, 1976. – 97 с.
8. Сівко В.Й., Кузьмінець М.П. Прикладна механіка робочих процесів машин. Монографія, – К.: НТУ, 2009, – 349 с.
9. Технологія капітального ремонту магістральних нафтопроводів діаметром 530-1220 мм із заміною ізоляції без підняття трубопроводу з використанням комплексу машин підвищеної продуктивності. ВБН В.3.1-320.20077720.01-2001. – К.: НАК "Нафтогаз України", 2001. – 189 с.