

**ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ЗЕМЛЕРИЙНИХ МАШИН НА
МАГІСТРАЛЬНИЙ ТРУБОПРОВІД ЧЕРЕЗ ОЦІНКУ НАПРУЖЕНО-
ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ СЕРЕДОВИЩА**

Розглянуто основи взаємодії робочих органів землерийних машин з середовищем, що базуються на оцінці напружено-деформованого стану ґрунту та його впливу на поруч розташований трубопровід.

Ключові слова: напружено-деформований стан, ґрунт, поле напружень.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Останнім часом в Україні та світі є актуальною проблема вдосконалення технології капітального ремонту магістральних трубопроводів, за рахунок виключення операції підйому-опускання труби відносно лінії вихідного залягання діючого трубопроводу. Завдяки цьому стане можливим забезпечити незмінність положення тіла трубопроводу при його ремонті. При цьому постає серйозне питання безпеки виконання робіт землерийними машинами та забезпечення мінімальної зміни напружено-деформованого стану близько розташованих діючих трубопроводів.

Суттєвими відмінностями роботи традиційних землерийних машин під час виконання таких робіт є наявність в зоні взаємодії робочого обладнання машини з ґрунтом – близько розташованого трубопроводу. Ремонтні роботи виконуються на трубопроводах, які експлуатувалися 30...40 років в ґрунті. Такий термін експлуатації безумовно спричинив корозійне зношування зовнішньої та механічне – внутрішньої поверхонь труб та їх зварювальних швів. При цьому допустимі напруження руйнування трубопроводу у зв'язку з корозійним зношуванням – зменшилися. Величина, на яку границя міцності тіла труби зменшується, порівняно з новим трубопроводом, відповідно до [1], зменшується в рази та може призвести до його руйнування. Тому постає проблема оцінки впливу роботи землерийних машин поблизу трубопроводу з метою недопущення перевищення границі міцності тіла «старого» трубопроводу.

Важливість проблеми підвищується з урахуванням того, що під час роботи машин поблизу трубопроводу, по ньому може транспортуватися газ, нафта, аміак і т.д. під тиском.

Огляд останніх джерел і публікацій. Аналіз відомих теорій різання та копання ґрунтів: В.П. Гарячкіна, А.М. Зеленіна, Ю.О. Ветрова та ін. показав, що на їх основі не можна дати відповіді на питання – який додатковий вплив спричинить робота землерийних машин на близько розташований трубопровід і чи не призведе той вплив до руйнування трубопроводу.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, яким присвячується стаття. Тому питання, яким чином відбудеться перерозподіл навантажень від робочого обладнання машин в умовах близько розташованого трубопроводу та який вплив вони чинитимуть на тіло труби залишається не вирішеною та надто важливою проблемою. Адже без цього ставиться під сумнів безпека та ефективність роботи спеціальних землерийних машини та реалізація нової швидкісної безпідйомної технології капітального ремонту трубопроводів здатної суттєво

прискорити темпи виконання робіт з одночасним зниженням матеріальних і трудових витрат на їх виконання.

Постановка завдання. Розробити методологію визначення впливу робочих органів землерийних машин на магістральний трубопровід через оцінку напружено-деформованого стану середовища, розрахункову схему взаємодії землерийних машин (на прикладі штампів) з пружно-пластичним середовищем в умовах близько розташованого трубопроводу та визначити вплив їх роботи на магістральний трубопровід через оцінку напружено-деформованого стану середовища.

Виклад основного матеріалу досліджень. Попередньо виконаний аналіз структури технологічних операцій, які виконуються землерийними машинами під час проведення капітального ремонту магістральних трубопроводів (МТ) дозволив виділити спільну для більшості операцій схему навантаження – взаємодію двох елементарних штампів (гусениць базової машини) з середовищем та магістральним трубопроводом рисунок 1.

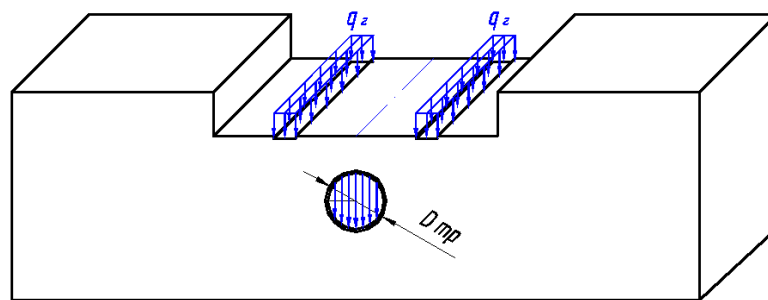


Рисунок 1 – Розрахункова схема

Подібна схема навантажень передбачає виникнення в зоні контакту гусениць тягача з ґрунтовою основою полів напружень та деформацій. А оскільки в зоні їх дії знаходиться трубопровід безумовно це вплине на зміну його напружено-деформованого стану (НДС). Такий вплив суттєвий навіть у результаті гравітаційної дії стовпа ґрунту над трубопроводом після його остаточного засипання, чому є підтвердження низки результатів експериментальних досліджень [2].

В даному ж випадку по обидва боки труби рухається базовий тягач з обладнанням загальною масою 40...50 тон у результаті дії якого через ґрунтове середовище на МТ будуть передаватися значно більші навантаження.

У зв'язку з цим першою *робочою гіпотезою* є те, що в залежності від навантаження на штампи, їх геометричних параметрів та взаємного розташування відносно трубопроводу, в середовищі та МТ виникатиме НДС, величиною якого буде можливість керувати завдяки розробленій математичній моделі, шляхом зміни параметрів обладнання.

Другою робочою гіпотезою є те, що у результаті виникнення полів напружень та деформацій під штампами гусениць та трубопроводом вони можуть накладатися утворюючи спільні зони, керування якими дозволить вибрати раціональні параметри обладнання, коли накладання зон не сприятиме утворенню пластичних деформацій та провалювання гусениць в ґрунті (руйнування скелету ґрунту) або не створюватиме додаткової зміни НДС МТ.

Оскільки технологічні процеси руйнування та ущільнення тісно пов'язані з деформуванням, обумовленим відповідними силовими діями то проблему можна вирішити шляхом визначення НДС робочого ґрунтового середовища машин, яка лежить в площині теорій міцності матеріалів.

Розв'язок подібної елементарної задачі в простому замкненому вигляді для випадків штампування отворів у металі було вперше запропоновано Л. Прандтлем [3] та набуло розвитку у дослідженнях сипучих середовищ В.В. Соколовським [4], та бетонних сумішей Г.А. Генієвим, М.І. Естріним [5], В.Й. Сівком [6].

Взявши за основу згадані підходи розглянемо методологію розв'язку плоскої пластичної задачі під дією елементарного обладнання землерийних машин для виконання робіт з капітального ремонту МТ (дії ходового обладнання у вигляді жорстких штампів).

Загальні положення такої методології описано в монографії [7].

Результат побудованої сітки характеристик, за такою методологією, по координатах вузлових точок, з урахуванням наведеної на Рисунок 1 – Розрахункової схеми, приведений на рисунок 2.

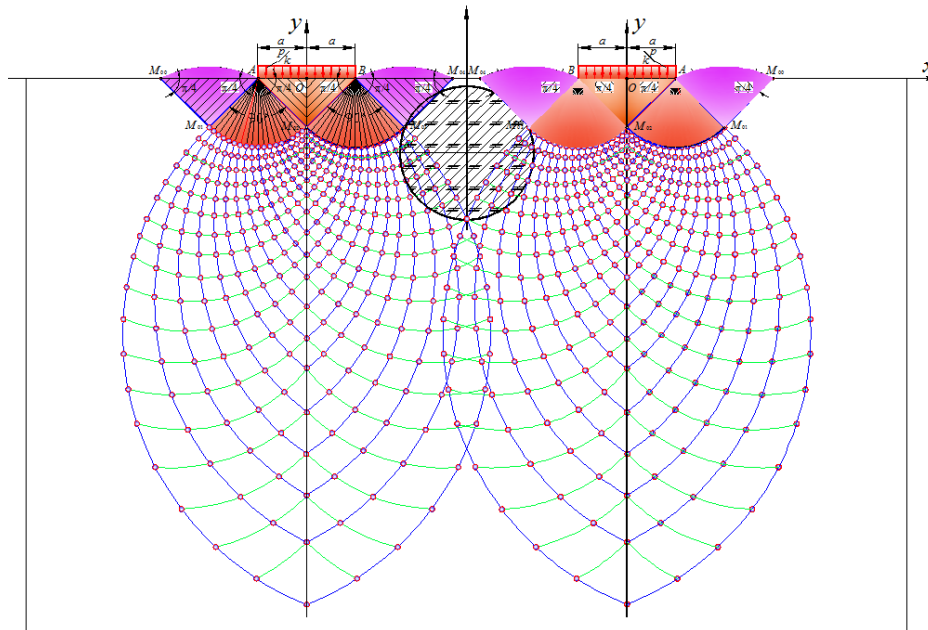


Рисунок 2 – Сітка характеристик по координатах вузлових точок

За результатами побудови можна зробити висновок про те, що лінії характеристик від дії гусениць доходять до зовнішньої поверхні магістрального трубопроводу. Отже на МТ чиниться додатковий вплив і в ньому виникає НДС,

Для визначення нормальних компонентів напружень в ґрунті вздовж осі x та y , скористаємося виразами [7]:

$$\sigma_x = -p + k(2\chi + 1); \quad (1)$$

$$\sigma_y = -p + k(2\chi - 1). \quad (2)$$

Дотичні напруження в ґрунті визначаються залежністю

$$\tau_{xy} = k \sin 2\varphi. \quad (3)$$

Залежності між b/a і p визначаються з рівняння:

$$p = \frac{2k}{b} \int_a^b \chi dy_1 + k \left(\frac{a}{b} + 1 \right). \quad (4)$$

Величини коефіцієнта зв'язності ґрунта k встановлено експериментально (рисунок 3) за допомогою приладу Литвинова, по методиці розробленій в КНУБА.

Такий зв'язок можна описати закономірністю типу:

$$k = -3/4 \exp(-p/6). \quad (5)$$

На рисунку 3 за координатами у вузлових точках, з урахуванням виразів (1...5) для ґрунтового середовища побудовано поля напружень та деформацій в результаті взаємодії гусениць тягача з ґрунтом в умовах близько розташованого трубопроводу. Припустивши, що на границі контакту ґрунт – трубопровід напруження рівні стає можливим визначити зміну НДС трубопроводу від роботи машини через ґрунтове середовище.

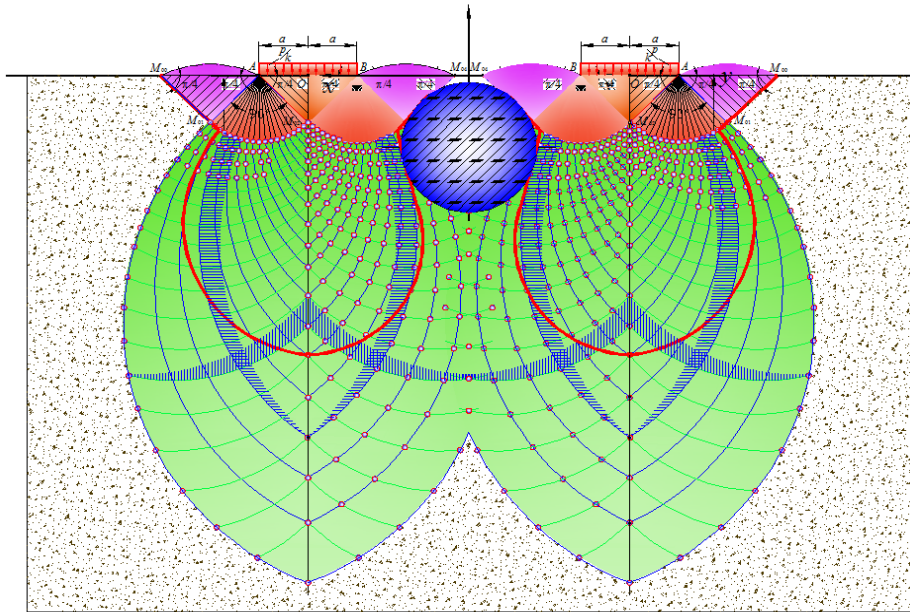


Рисунок 3 – Поля напружень та деформацій в результаті взаємодії гусениць тягача з ґрунтом в умовах близько розташованого трубопроводу

Крім того, вдалося встановити контури ядра гарантованого руйнування ґрунтового середовища, з урахуванням експериментально отриманих функціональних закономірностей [7], що характеризують реакцію фізичної системи на навантаження. Вірогідна зона руйнування під дією штампа показана на Рисунок 3 – Визначення точок кривої, що описує зону руйнування ґрунтового середовища виконано вперше у такій постановці.

Висновки

На основі оцінки НДС ґрунту та його впливу на поруч розташований МТ стає можливим дати оцінку впливу обладнання землерийних машин на середовище і МТ та знайти оптимальний характер такої взаємодії.

Література

1. ДСТУ/НБВ.2.3-21..2008 Мінрегіонбуд України «Національний стандарт України. Магістральні трубопроводи. Настанова. Визначення залишкової міцності магістральних трубопроводів з дефектами».
2. Бородавкін, П.П. *Механіка ґрунтів в трубопроводному строительстві: учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1986 – 224 с.*
3. Прандтль, Л.О. *О твердости пластических материалов и сопротивление резанию. Сборник «Теория пластичности» под ред. Ю.А.Роботного. Гос. изд. иностранной литературы, 1948 г.*
4. Соколовский, В.В. *Статика сыпучей среды. – М.: Наука, 1990. – 270 с.*

5. Гениев, Г.А., Эстрин, М.И. Динамика пластической и сыпучей среды. М.: Стройиздат. - 1972, – 149 с.

6. Поляченко, В.А., Сівко, В.Й., Назаренко, І.І., Яковенко, В.Б., Ловейкін, В.С.; Створення та впровадження енергозберігаючих високотехнологічних процесів і машин у будівельній індустрії / Київ. нац. ун-т буд-ва і архіт. — К., 2006. — С. 147.

7. Сівко, В.Й., Кузьмінець, М.П. Прикладна механіка робочих процесів машин. Монографія, – К.: НТУ, 2009, – 349 с.

Надійшла до редакції 27.10.2011
© Н.П. Кузьмінець

Н.П. Кузьмінець, к.т.н., доц.
Национальный транспортный университет

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ЗЕМЛЕРОЙНЫХ МАШИН НА МАГИСТРАЛЬНЫЙ ТРУБОПРОВОД ЧЕРЕЗ ОЦЕНКУ НАПРЯЖЕННО- ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ СРЕДЫ

Рассмотрены основы взаимодействия рабочих органов землеройных машин со средой, основанные на оценке напряженно-деформированного состояния грунта и его влияния на рядом расположенный трубопровод.

Ключевые слова: *напряженно-деформированное состояние, грунт, поле напряжений.*

M.P. Kuzminets, Ph.D.

National Transport University

DETERMINATION OF THE INFLUENCE OF WORKING EARTHMOVING MACHINERY THE MAIN PIPELINES THROUGH THE ASSESSMENT STRESS- STRAIN STATE ENVIRONMENT

The basics of working bodies of the interaction with the environment earthmoving equipment, based on an assessment of the stress-strain state of the soil and its impact on adjacent piping.

Key words: *stress-strain state, the soil, the stress field.*