

АНАЛІЗ ПРИЧИН ВТРАТИ СТІЙКОСТІ РУХУ ГРУНТОПРОКОЛЮЮЧОГО РОБОЧОГО ОРГАНУ В ГРУНТІ ПРИ ФОРМУВАННІ КОМУНІКАЦІЙНИХ ПОРОЖНИН УСТАНОВКАМИ СТАТИЧНОЇ ДІЇ

**Супонєв В.М., д.т.н., доцент, Пимонов І.Г., к.т.н., доцент,
Балесний С.П., аспірант**

(Харківський національний автомобільно-дорожній університет)

Прокладання інженерних комунікацій, які проходять під дорогами, залізничними та трамвайними коліями, будинками та іншими спорудами повинна відповідати сучасним вимогам до забезпечення безперервності руху транспортних засобів та пасажирських і вантажних перевезень. Найбільш ефективним для виконання цих умов є використання безтраншейних технологій виконання робіт. Серед них найбільш ефективним способом утворення комунікаційних порожнин в ґрунті є метод статичного проколу, який полягає у радіальному ущільненні ґрунту при просуванні ґрунтопроколюючого робочого органу з конічною формою наконечника. Важливим також є те, що силові установки, які працюють цим методом відрізняються малими габаритами та працюють з невеликого приямку, що є дуже важливим при виконанні робіт в стислих міських умовах.

Суттєвим недоліком методу статичного проколу ґрунту є низька точність траєкторії проколу, що обмежує їх використання до 20-25 м довжини прольоту.

Причинами відхилення робочого органу від прямолінійної траєкторії руху, згідно з дослідженнями [1; 2; 3] є різна вологість ґрунтів та відповідно їх щільність, кам'яності втручання та будівельних відходів. В роботах [4; 5] причиною втрати стійкості руху є ослаблення в вузлах з'єднання штовхаючі штанг. Ціллю проведених досліджень було розробка математичної моделі процесу та оцінка керованості траєкторією руху проколюючої головки в ґрунті з урахуванням жорсткості штанг та люфтів в місцях їх з'єднання.

Аналіз існуючих ґрунтопроколюючих установок показав, що проколюючий став набирається із штанг, довжина яких складається зі штанг, довжина яких дорівнює $L_{ш} = 500$ мм, а діаметр складає $D_{ш} = 65$ мм. Для визначення впливу люфтів в з'єднаннях штанг на відхилення траєкторії руху робочого органу було внесено припущення що різьбові з'єднання штанг не є абсолютно жорсткими та мають деякі люфти, а викривлення траєкторії відбувається в деякій площині орієнтованої в просторі під деяким кутом, а штанги абсолютно жорсткі [5]. Тому порушення жорсткості всієї системи можливе тільки в вузлах стикування штанг, відповідно координати точок з'єднання можна представити наступною схемою, рис. 1.

Було розглянуто випадки руху робочого органу після його відхилення, як по прямої лінії, так і по кривій. При відомих координатах $M_i(x_i; y_i)$ за

допомогою методу найменших квадратів було встановлено характер траєкторії руху робочого органу.

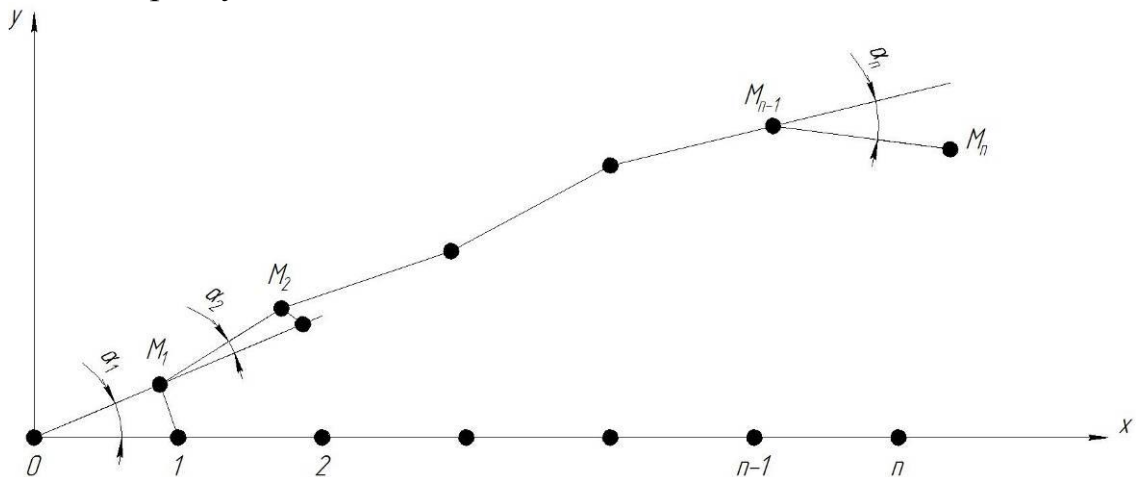


Рисунок 1 – Схема траєкторії проколюючого робочого органу, де n – кількість штанг, α_i – кут відхилення штанги

Для випадку траєкторії руху робочого органу після відхилення від заданої траси по прямій, яку було відображено у вигляді систему рівнянь для визначення коефіцієнтів прямої a і b :

$$\begin{cases} ak_{x^2} + bk_x = k_{xy} \\ ak_x + (n+1)b = k_y \end{cases}, \quad (1)$$

$$\text{де: } k_x = \sum_{i=0}^n x_i; k_{x^2} = \sum_{i=0}^n x_i^2; k_y = \sum_{i=0}^n y_i; k_{xy} = \sum_{i=0}^n x_i y_i.$$

Значення a і b визначаються з рішення системи рівнянь (1).

Для випадку руху робочого органу від заданої траси по параболі встановлюється рішенням системи рівнянь:

$$\begin{cases} ak_{x^4} + bk_{x^3} + ck_{x^2} = k_{x^2y}; \\ ak_{x^3} + bk_{x^2} + ck_x = k_{xy}; \\ ak_{x^2} + bk_x + (n+1)c = k_y. \end{cases}, \quad (2)$$

$$\text{де: } k_{x^3} = \sum_{i=0}^n x_i^3; k_{x^4} = \sum_{i=0}^n x_i^4; k_{x^2y} = \sum_{i=0}^n x_i^2 y_i.$$

Рішення системи рівнянь (2) відповідно до умов: довжина штанги $l_{ш} = 1$ м; кількість штанг $n_{ш} = 20$ шт; при відхиленні першої штанги, відповідно на кут $\alpha_i = 1^\circ; 2^\circ$ і 3° наведено на рис. 2.

Помітне відхилення від траєкторії при поступовому руху головки у ґрунті з конусним наконечником починається вже з відстані 3 м. При цьому відхилення досягає 0,15 м. При значеннях люфтів 1° та 2° ця величина на відстані 20 м складає 0,17 та 0,65 м, відповідно.

В практиці будівництва ця величина досягає 0,75 м, що не вже відповідає вимогам до якості прокладання інженерних комунікацій та потребує проведення корекції руху головки під час створення свердловини на деякому етапі процесу, або перколюванні нової свердловини.

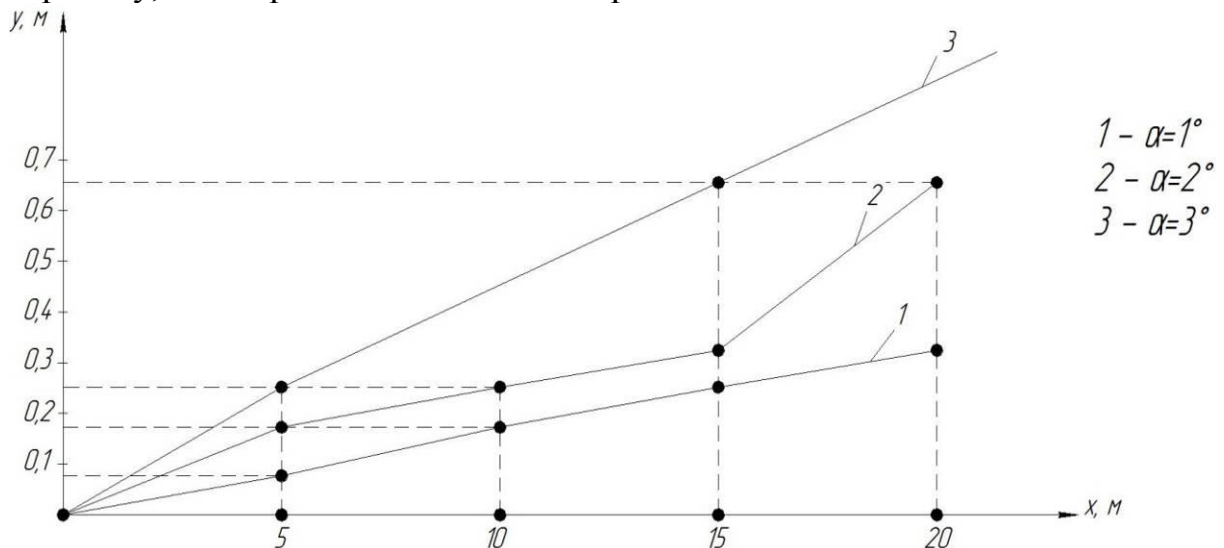


Рисунок 2 – Залежності відхилень робочого органу від горизонтальної траси

Отримане уявлення про вплив жорсткості штанг та вузлів їх з'єднання на траєкторію переміщення дозволяє оцінити оцінки вірогідність можливого відхилення робочого органу від осевого руху в залежності від зазору стиків штовхаючих штанг.

Список використаних джерел

1. Супонев В.Н., Каслин Н.Д., Олексин В.И. Бестраншейные технологии укладки распределительных инженерных коммуникаций // Научный вестник строительства. – 2008. - №499.– С. 213-217.
2. Руднев В.К. Кравец С.В., Каслин Н.Д., Супонев В.Н. Машины для бестраншейной укладки подземных коммуникаций // под ред. Руднева В.К. – Харьков: ООО «Фавор», 2008.– 256с.
3. Григорьев А.С. Обоснование выбора параметров продавливающих установок в зависимости от длины проходки // сб. научных трудов ст-ов, магистров МГГУ, М., Выпуск 4, 2004. – С. 133-136.
4. Ромакин Н.Е., Малкова Н.В. Параметры рабочего инструмента для статического прокола грунта // Строительные и дорожные машины, 2007. – № 11. – С. 31-33.
5. Гусев И.В., Чубаров Ф.Л. Применение управляемого прокола грунта при бестраншейной прокладке труб / Потенциал современной науки № 2, 2014.– С. 30-33.
6. Пенчук В.А. Точность и управление траекторией прокола грунта / В.А. Пенчук, В.Н. Гусаков, В.Н. Супонев, С.П. Балесный, С.М. Вивчар // Нові технології в будівництві. – № 29. – 2015. – С.18–22.