

М.К.Сукач, проф., д-р техн. наук

*Київський національний університет будівництва і архітектури;*

А.П.Дворніченко, канд. техн. наук., Л.М. Кривоблоцька, канд. фіз-мат. наук.,

С.О.Джирма, канд. техн. наук., доц.

*Кіровоградський національний технічний університет*

## Особливості проходки свердловин великого діаметра в міцних ґрунтах

Розроблені нові конструкції кільцевих бурів, обладнаних вертикальним шнековим транспортером зруйнованого ґрунту. Проведені експериментальні дослідження в польових умовах при бурінні свердловин під опори ліній електропередач.

**шнек, кільцевий бур, транспортування, буріння, свердловина, керн, шлам**

В міцних ґрунтах і породах свердловини великого діаметра виконують методом кільцевого буріння. За один цикл пройти свердловину на всю глибину не можливо, оскільки після кожних 70...90 мм значно зростає момент опору обертанню робочому органу; процес має циклічний характер. Зазвичай відбувається некерований відрив керну від масиву після досягнення вказаної величини заглиблення бура. При подальшій роботі відділений від масиву керн заклинює у корпусі робочого органу внаслідок утворення шламу (продуктів руйнування забою) між стінкою корпусу та керном; виникнення кернової пробки спричинює припинення подачі бура у забій (рис.1).

Послідовність та тривалість виконуваних за один цикл операцій в середньому складають (в процентах від загального часу робочого циклу): утворення кільцевої щілини – 62,5 %; відрив керну від масиву – 10 %; підйом робочого органу з керном із свердловини – 5 %; видалення керну із корпусу робочого органу – 15 %; опускання бура у свердловину – 7,5 %.

Проходка верхнього, 50...100 мм, шару супроводжується сколюванням в кільцевій щілині частинок породи розміром 3...6 см. Подальше заглиблення призводить до утворення шламу фракції 0,1...0,5 мм (85 % усього об'єму зруйнованої породи) і 0,5...3 мм – 15 % [1]. У більшості випадків (65%) керн відривається від масиву самостійно після досягнення заглиблення за один рейс на 70...90 мм. Якщо керн не відділяється, його відривають примусово підрізними пальцями, встановленими в нижній частині бурової коронки.

При підйомі робочого органу з керном останній утримується за рахунок заклинювання в трубчастому корпусі частинками шламу (самостійне відривання керну від масиву) або за рахунок захвату підрізними пальцями (примусове відривання). При обертанні піднятого у верхнє положення бура у зворотному напрямку, керн зазвичай вивільняється із корпусу ШКБ та випадає. Якщо цього не відбувається (у 58% випадків) керн виймають примусовим способом, для чого в бокові пази на корпусі встановлюють виштовхуючий брус. При вмиканні механізму підйому брус упирається у центратор, передаючи зусилля на керн і виштовхуючи його із корпусу бура. Після видалення керна робочий орган знов опускають, повторюючи цикл проходки свердловини у такій же послідовності до досягнення необхідної глибини.

Особливості процесу видалення із свердловини продуктів руйнування забою (шламу) вертикальними шнеками кільцевого робочого органу із суцільним руйнуванням забою обумовили комплексне використання аналітичного та експериментально-статистичного методу досліджень. Для визначення характеристик

процесу утворення свердловини фіксували швидкість проходки, частоту обертання робочого органу, зусилля подачі у забій, розміри утвореної свердловини та керна, об'єм та вагу зруйнованої породи, висоту шару шламу на лопатях шнека, коефіцієнт заповнення шнека, розміри частинок шламу, а також фізико-механічні властивості шламу.

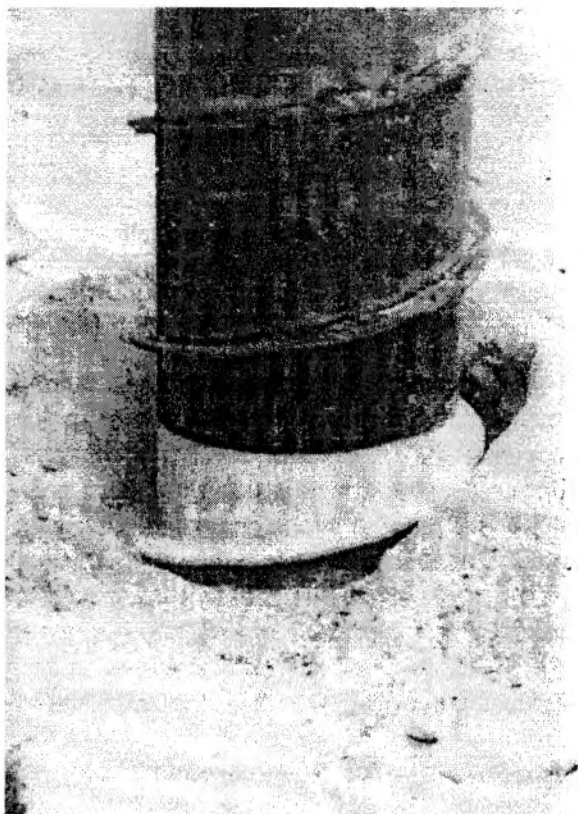
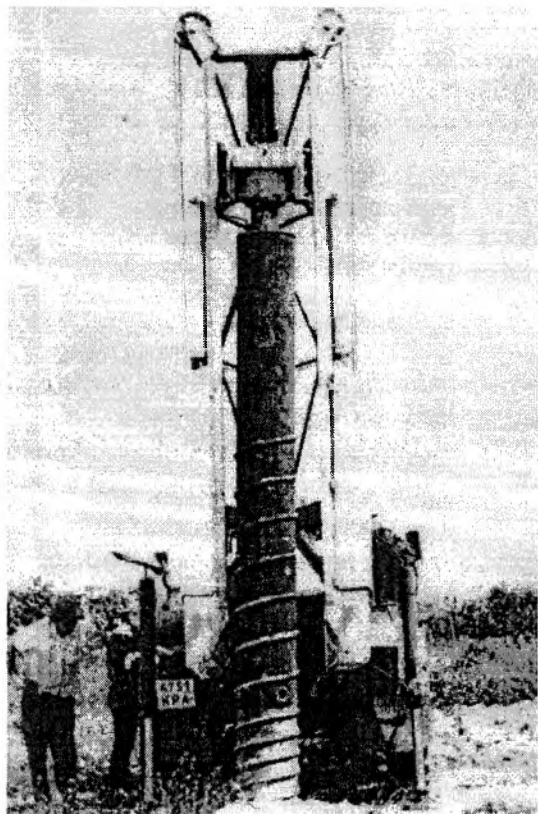


Рисунок 1 – Проходка свердловин шнековим кільцевим буром

З урахуванням характеру робочого процесу проходки свердловин великого діаметру у міцних ґрунтах і породах визначено загальну методологічну схему досліджень, яка включає аналіз методів розрахунку основних параметрів вертикальних шнеків; експериментальне вивчення процесу видалення шламу із свердловини шнеками кільцевого бура та робочого органу із суцільним руйнуванням забою; теоретичне дослідження та розробку методу розрахунку основних конструктивних параметрів; визначення продуктивності вертикальних шнеків різних робочих органів; використання запропонованого методу розрахунку з метою створення шнекового кільцевого бура для машин типу МРК-750; експериментальну перевірку виконавчого органу нової конструкції.

Розроблено нові конструкції кільцевих бурів, обладнаних вертикальним шнековим транспортером зруйнованого ґрунту [2]. Експериментальні дослідження проведено у польових умовах при спорудженні свердловин під опори ліній електропередач (ЛЕП) на будівельних об'єктах Міненерго. Здійснено проходку біля 3500 погонних метрів свердловин. Випробування кожної конструкції кільцевого бура проводились при частотах обертання від 30 до 90 хв<sup>-1</sup> та напірних зусиллях від 10 до 44 кН. Фіксували повний час утворення свердловини, час підрізки та виймання керна із корпусу робочого органу, час проходки окремих ділянок свердловини, визначали

геометричні розміри утвореної свердловини, вийнятого керна (рис.2) та ін. Ефективність роботи шнека кільцевого бура оцінювали за об'ємом та вагою видалених із свердловини продуктів руйнування, часом їх видалення із забою з урахуванням фізико-механічних властивостей шламу.

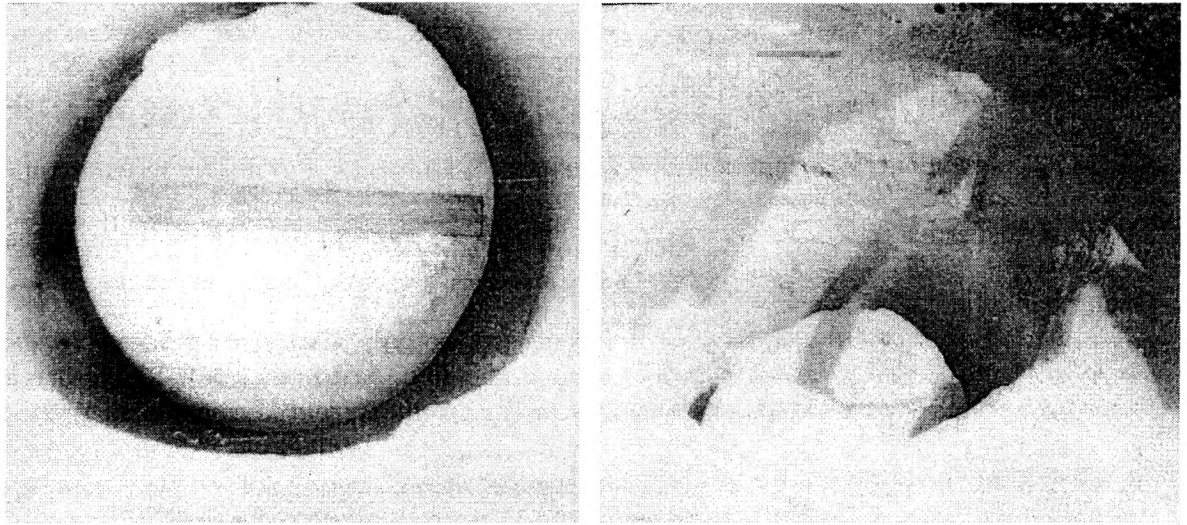


Рисунок 2 – Свердловини, утворені шнековим кільцевим буром

В процесі проходки свердловини бури піднімали на поверхню для візуального спостереження за характером та ступінню завантаження кільцевого шнека зруйнованим ґрунтом або породою, оцінки стану шнека, різців та інших елементів ШКБ. Згідно з методикою [3] результати спостережень фіксували в журналі випробувань, на всіх етапах утворення свердловини проводили фотографування бурильної машини, самого робочого органу, окремих його елементів, керна та шламу, що видалявся шнеком.

У разі відсутності вітчизняних кільцевих робочих органів, що випускаються серійно, для проходки свердловин під опори ліній електропередач, палеві основи та фундаменти, для порівняльних випробувань використовували робочі органи із суцільним руйнуванням забою. Так, в механізованій колонні МК-79 тресту "Севкавказсельелектросетьстрой" випробовували гвинтовий робочий орган, площа забою якого приблизно дорівнювала площі забою шнекового кільцевого бура. Проводили порівняльні випробування шнекових робочих органів, близьких по діаметру до експериментальних зразків ШКБ. Одержані дані обробляли з використанням методів математичної статистики та чисельних методів аналізу [4, 5].

Об'єм експериментів розраховували за формулою:  $N = t^2 S^2 \{y_i\} / \xi^2$ , де  $N$  – кількість дослідів;  $t$  – табличне значення аргументу; для прийнятої надійності  $\beta = 0,95$  величина  $t = 1,96$ ;  $\xi$  – похибка визначення показників. Дослідну функцію шукали за поліноміальною апроксимацією вигляду  $y = a + bx + cx^2 + dx^3 + \dots$  з використанням методів найменших квадратів.

Результати експериментів розглядали як варіаційний ряд та оцінювали за стандартними характеристиками статистичного аналізу: математичною вірогідністю

$$\bar{y} = \sum_{i=1}^N (y_i / N); \text{ дисперсією } S^2 \{y_i\} = \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2 / (N-1) \text{ і коефіцієнтом варіації}$$

(відносним ступенем розсіювання)  $v = \sqrt{S^2 \{y_i\}} / \bar{y}$  при встановленому рівні значності  $\alpha$

= 0,05.

Відтвореність експерименту перевіряли за  $G$  – критерієм Кохрена, рівним відношенню максимальної емпіричної дисперсії до суми всіх дисперсій:

$G_{\text{кох}} = S^2\{y_i\}_{\text{max}} / \sum_{i=1}^N S^2\{y_i\}$ ; одержану величину  $G$  – критерію порівнювали з табличною величиною.

Для оцінки похибок (викидів) використовували розподілення максимального відхилення:  $r_{\text{max}} = (y_{\text{max}} - \bar{y}) / \left( S\{y_i\} \sqrt{\frac{N-1}{N}} \right)$ ;  $r_{\text{max}} = (y_{\text{max}} - \bar{y}) / \left( S\{y_i\} \sqrt{\frac{N-1}{N}} \right)$ , де

$r_{\text{max}}$  та  $r_{\text{min}}$  – табличні значення критерію викиду;  $y_{\text{max}}$  та  $y_{\text{min}}$  – найбільше та найменше значення окремих результатів;  $S\{y\} = \sqrt{S^2\{y_i\}} = \sqrt{\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2 / (N-1)}$  – стандартна

(квадратична) похибка дослідів.

Експериментальні зразки кільцевих робочих органів діаметром 466 та 476 мм випробовувані на Камчатці в механізованій колонні МК-87 треста "Востоксельлектросетстрой" при будівництві траси лінії електропередачі Маніли – Кам'янське, кільцеві бури діаметром 476 та 512 мм – в МК-63 тресту "Южелектросетстрой" на трасі лінії електропередачі Сімферополь – Феодосія [6]. Робочий орган діаметром 512 мм випробовувано у механізованій колонні МК-79 тресту "Севкавказсельлектросетстрой" на плато Усть Джегута. Бури показали високу ефективність утворення свердловин в міцних породах та мерзлих ґрунтах і рекомендовані до масового застосування у виробництві.

## Список літератури

1. Дворніченко А.П. Особливості транспортування сипких матеріалів кільцевим шнеком // Зб. наук. праць КІСГМ.– Вип. 4.– Кіровоград, 1998.– С.21-25.
2. Сукач М.К., Дворніченко А.П. Машини та робочі органи для проходки свердловин великого діаметра у міцних ґрунтах // Гірн., буд., дор. та меліорат. машини: Всеукр. міжвід. наук.-техн. зб.– К.: КНУБА, 2003.– Вип. 62.– С.5-12.
3. Игнатов В.И. Организация и проведение эксперимента в бурении.– М.: Недра, 1978.– 94 с.
4. Завадский Ю.В. Статистическая обработка эксперимента.– М.: Высш. шк., 1976.– 270 с.
5. Калиткин Н.Н. Численные методы.– М.: Наука, 1978. 812 с.

Разработаны новые конструкции кольцевых буров, оборудованных вертикальным шнековым транспортером разрушенного грунта. Проведены экспериментальные исследования в полевых условиях при сооружении скважин под опоры линий электропередач.

New constructions of circular are developed the boraxes equipped by the vertical shnekovim conveyer of the blasted soil. Experimental researches in the field terms at building of mining holes under supports of lines of electricity transmissions are conducted.

Одержано 15.09.07