

ОСОБЛИВОСТІ КОНСТРУЮВАННЯ ТА РОЗРАХУНКУ МОДЕРНІЗОВАНОГО КІВШОВОГО БУРИЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ З РОЗДІЛЬНИМ ОБЕРТАННЯМ СКЛАДОВИХ ГРУНТОРУЙНІВНОЇ ЧАСТИНИ

Вячеслав Смірнов, Василь Головань, Віталій Лук'яненко

Київський національний університет будівництва і архітектури, Повітофлотський пр-кт 31, Київ, Україна

FEATURES OF CONSTRUCTING AND CALCULATION MODERNIZED SCOOP BORING EQUIPMENT WITH SEPARATE ROTATION CONSTITUENTS OF PART

Vyacheslav Smirnov, Vasiliy Golovan, Vitalij Lukyanenko

Kyiv national University of Construction and Architecture, Povitoflotsky Prospect 31, Kyiv, Ukraine

АНОТАЦІЯ. В статті наведено результати досліджень по створенню нової конструкції ківшового бурильного обладнання з роздільним обертанням складових ґрунторуйнівної частини та з відцентровим розвантаженням накопичувача. Обладнання призначене для роботи в півзв'язних складних ґрунтах, в яких доцільно використовувати робочі органи з підвищеною транспортуючою та ґрунторуйнівною спроможністю. Приведено рекомендації по конструюванню та розрахункам нового робочого органа, вибору геометричних параметрів.

Ключові слова: бурильне обладнання, накопичувач, робочий орган, роздільне обертання.

АННОТАЦИЯ. В статье приведены результаты исследований по созданию новой конструкции ковшового бурильного оборудования с разделным вращением составных ґрунторазрушающей части и центробежной разгрузкой накопителя. Оборудование назначено для работы в полувязных сложных грунтах, в которых целесообразно использовать рабочие органы с повышенной транспортирующей и ґрунторазрушающей способностью. Приведены рекомендации по конструированию и расчетам нового рабочего органа, выбору геометрических параметров.

Ключевые слова: бурильное оборудование, накопитель, рабочий орган, разделное вращение.

SUMMARY. Purpose. The expand background separation soil destructive of brown on the outer and inner and increase speed last to improve power distribution in brown paper (between the incisors that are located on different lines cutting). **Methodology/approach.** On the basis of previous studies developed principal scheme drilling equipment with split external and internal rotation of its parts. It is assumed that bucket working boring equipment cutting devices larger diameter than the screw. **Findings.** A new design scoop designed by boring equipment with a separate rotation component to part and centrifugal unloading of store and methods of previous calculation. **Research limitations/implications.** The design of structures similar drill working groups on the basis of data and previous studies may be recommended to take the ratio of diameters coaxial soil destructive parts and gear ratio mechanism of rotation within the $D2/D1 = 2 \dots 3$, $i = 3 \dots 4$. **Originality/value.** This is results are useful in further for development of efficient drilling equipment.

Key words: boring equipment, store, working organ, separate rotation.

Вступ

Для буріння свердловин в складних гірничо-геологічних умовах ведеться розробка нових спеціальних робочих органів, використання яких в даних ґрунтах є найбільш ефективним. При бурінні дрібношарових порід, а також зцементованого галечника та інших слабозв'язних ґрунтів має місце обсіпання стінок свердловин, що ускладнює транспортування із свердловин розбуреного матеріалу. В таких умовах доцільно використовувати бури ківшового типу, які оснащені високоефективною ґрунторуйнівною частиною, а також накопичувачами за допомогою яких розбурений ґрунт видаляється із свердловин.

Розроблені раніше конструкції ківшових бурів з відцентровим розвантаженням накопичувачів наведені в літературі [1].

Ведуться також роботи по створенню високоефективних бурів суцільного руйну-

вання забою (дна свердловини), ґрунторуйнівна частина яких складається із лопатей (лопатеві бури), оснащених різальними елементами з твердосплавними вставками напівкруглої форми, а також косокутними та двограними різцями [2]. Розроблені рекомендації по раціональній розстановці різців з ціллю узгодження їх продуктивності, більш рівномірного розподілу навантаження.

Основним недоліком бурів суцільного руйнування забою є значне зменшення швидкості руху центральних різців, розміщених на лініях різання, що знаходяться близько до центра. Має місце перевантаження окремих різців та їхнє швидке спрацювання. Тому, з ціллю покращення розподілу потужності при роботі бура (між різцями, що розташовані на різних лініях різання), доцільно розділити ґрунторуйнівну

частину на зовнішню і внутрішню, збільшивши швидкість обертання останньої.

Виклад основного матеріалу

На основі проведених раніше досліджень розроблено принципіальну схему бурильного обладнання з розділним обертанням зовнішньої та внутрішньої його частини [3]. Враховуючи, що ківшові робочі органи оснащуються різальними пристроями більших діаметрів ніж шнекові, є доцільним, для підвищення ефективності роботи, при розробці нових робочих органів об'єднати позитивні особливості їхніх конструкцій.

Можлива конструкція нового запропонованого модернізованого ківшового бурильного обладнання з відцентровим розвантаженням накопичувача та з розділним обертанням складових ґрунторуйнівної частини подана на рис. 1. При розробці конструктивної схеми обладнання враховані особливості раніше розроблених конструкцій, передбачена уніфікація з'єднувальних елементів з ціллю можливого їх використання в різних комбінаціях на існуючому бурильному обладнанні залежно від конкретних умов роботи на ґрунтах з різними характеристиками за складом і міцністю.

Бур складається із циліндричного корпусу 1, що одночасно є бункером накопичувачем, у верхній частині якого закріплена траверса 2, яка також приєднана до трубчастої штанги 3. В верхній частині штанги закріплено фланець 4, за допомогою якого корпус ківшового бура з'єднується з вихідним сувісним валом двовального обертальника (рис. 1). Корпус бура на зовнішній поверхні оснащений шнеком 5, за допомогою якого зруйнований ґрунторуйнівною частиною ґрунт перевантажується через верхній отвір в накопичувач.

В нижній частині накопичувача розташований розвантажувальний пристрій відцентрової дії, який включає конусне днище 6 з центральним отвором для розвантаження, розвантажувальний диск 7 та бокові розвантажувальні отвори в корпусі бункера 8.

ґрунторуйнівна частина ківшового бурильного обладнання включає циліндричний корпус 9, до якого прикріплені лопати

10 зовнішньої складової частини, оснащені різцями 11 з твердосплавними вставками. Корпус приєднується гвинтами до фланця зовнішньої трубчастої бурової штанги. В ній сувісно розташований в підшипниках 18 вал 12, до якого кріпиться за допомогою пальця 13 корпус 14 з лопатами 15 внутрішньої ґрунторуйнівної частини. Для захисту від попадання розбуреного ґрунту нижній підшипник 18, що є опорою швидкохідного сувісного вала 12, закривається кришкою з ущільненням 16. В середині нижньої частини корпусу розташовано отвір для видалення керна, що створюється між різцями забурника (кернозломувач).

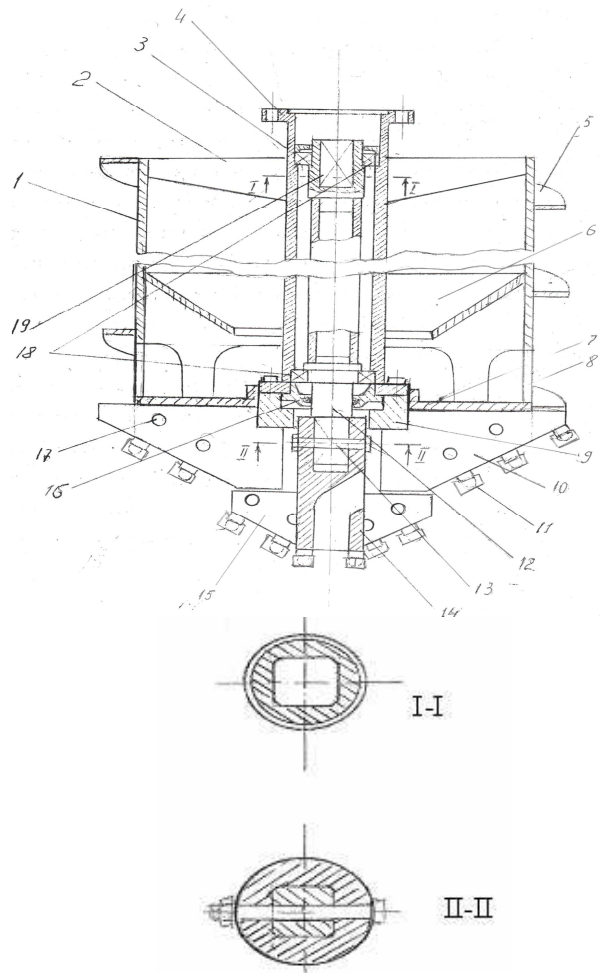


Рис. 1. Конструктивна схема ківшового бура
Fig. 1. Constructive scheme ladle drill

Такий пристрій сприяє зменшенню опору буріння в центральній частині забою, де швидкість різання наближається до нуля.

Для можливості заміни спрацьованих різців, що закріплені в лопатях за допомогою конусних посадок, в них передбачені отвори 17.

Обертання внутрішній складовій ґрунторуйнівної частини передається через сувісний внутрішній вал 12, який за допомогою втулки з квадратним отвором 19 з'єднується з сувісним двоваловим оберտальником [4].

Схема розстановки різців на лопатях внутрішньої і зовнішньої ґрунторуйнівних частин модернізованого ківшового бурильного обладнання може бути прийнята відповідно з аналогічною конструкцією шнекового лопатевого бура суцільного руйнування забоя [4], що забезпечить можливість їх використання як змінних робочих органів при бурінні свердловин в різних ґрунтах.

Необхідна для визначення крутних моментів і потужностей, що передаються на вали робочого органа і оберտальника, схема розстановки різців і картина їх швидкостей показані на рис. 2 а, б. Різці на кожній різальній частині розташовані в кілька ліній різання і руйнують всю площу забоя, залишаючи по центру невеликий kern, який руйнується кернозломником, зменшуючи загальний опір ґрунту при бурінні свердловини.

Аналізуючи картини швидкостей обертання лопатей внутрішньої (діаметром D_1) і зовнішньої (діаметром D_2) частин бачимо, що кожен з них можна характеризувати максимальними – $v_{1\max}$, $v_{2\max}$ та мінімальними – $v_{1\min}$, $v_{2\min}$ значеннями швидкостей, які відрізняються за величиною меншою мірою, ніж при використанні бурів без роздільного обертання. Крім того, в даній конструкції бура за рахунок використання в середній частині кернозломного пристрою там відсутні різці, які працюють при швидкостях $v_{\min} \approx 0$.

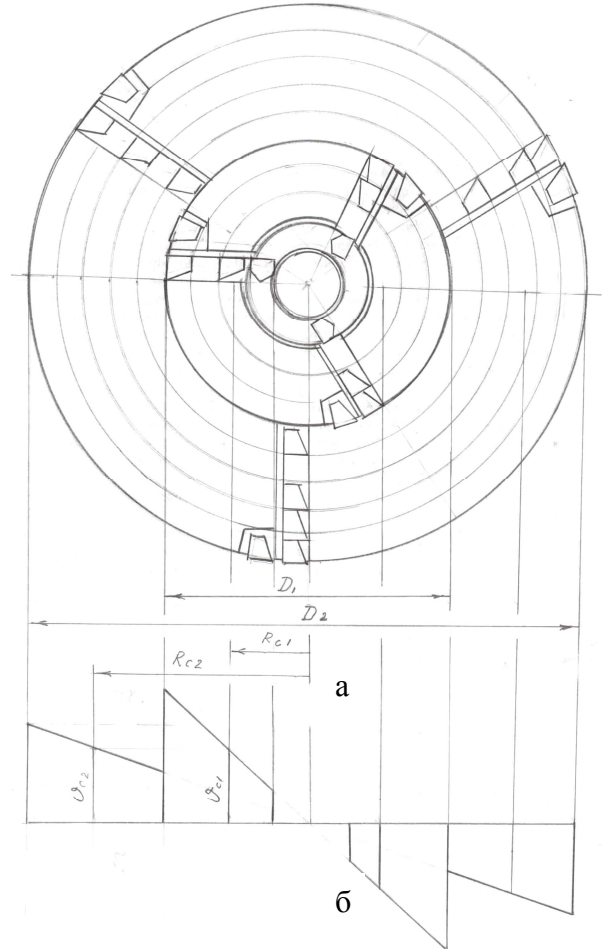


Рис. 2. Схема розстановки різців і картина їх швидкостей: а – схема розстановки різців; б – картина швидкостей

Fig. 2. The scheme of arrangement cutters and pattern their velocities: a - scheme of arrangement incisors; b - the picture velocity

Для розрахунків на міцність вузлів і деталей ківшового бура і оберտальника спочатку визначаються сили, які діють на різці, закріплені в лопатях кожної складової частини (рис. 2, а). Методика розрахунку сил різання для різних видів різальних елементів і ґрунтів викладена в літературі [5].

Сили блокування різання ґрунту P_1 і P_2 різцями, розташованими на внутрішній та зовнішній ґрунторуйнівних частинах, відповідно, визначаються залежністю

$$P_{1,2} = \varphi(\delta)\varphi_{св}m_{св}bh + \varphi_{бок}m_{бок}h^2 + \varphi_{бок.ср}m_{бок.ср}h,$$

де b , h – ширина ножа і глибина різання; $m_{св}$, $m_{бок}$, $m_{бок.ср}$ – коефіцієнти міцності, що характеризують питомі опори в лобовій частині прорізі (МПа), бокових розширеннях (МПа) і по лініях бокового зрізу (кН/м) в умовах прямокутного різання; $\varphi(\delta)$ – кое-

фіцієнт, що враховує вплив кута різання δ (при $\delta = 45^\circ$ $\varphi = 1$); φ_{cv} , $\varphi_{бок}$, $\varphi_{бок.ср}$ - коефіцієнти, що враховують вплив кута γ_{nl} повороту різальної кромки ножа в плані. Залежно від розташування на лопатях різальних частин, різці можуть працювати в умовах блокованого, напівблокованого або вільного різання.

Опір в лобовій частині прорізі при косокутному різанні відрізняється від опору в умовах прямокутного різання і залежить від відношення h/b , кута різання δ і кута γ_{nl} повороту ножа в плані. Вплив кута γ_{nl} враховується коефіцієнтом φ_{cv} , що визначається по формулі

$$\varphi_{cv} = 1 - 0,07 \frac{h}{b} (\text{ctg} \delta + \text{ctg} 35^\circ) \sin 2\gamma_{nl}.$$

У практичних розрахунках коефіцієнти, що входять в приведену розрахункову формулу для визначення сил різання, вибираються із таблиць або за графіками [5, 6].

Особливості розрахунку двограних різців, що можуть використовуватись для оснащення ґрунторуйнівних частин робочих органів бурильних машин, наведені в роботі [5].

Для розрахунку сил різання кожним різцем внутрішньої та зовнішньої ґрунторуйнівних частин необхідно визначити їхні глибини різання, які в приведеній конструкції залежать від швидкості обертання кожної, кількості різців на лініях різання та вертикальної подачі бура H за один оберт. Враховуючи викладене, глибини різання h_{i1} та h_{i2} , кожним різцем внутрішньої та зовнішньої частин, відповідно, дорівнюють

$$h_{i1} = \frac{H}{iK_{i1}};$$

$$h_{i2} = \frac{H}{iK_{i2}},$$

де i - передаточне відношення ($i = \frac{n_1}{n_2}$); n_1 ,

n_2 - частоти обертання внутрішньої та зовнішньої частин; k_{i1} , k_{i2} - кількість різців на лініях різання внутрішньої та зовнішньої частин, відповідно (рис. 2, а, б).

Для розрахунку привода робочого органа необхідно виконати розрахунки крутних моментів та потужностей, що передаються на його вали від ґрунторуйнівних частин.

Крутні моменти T_1 і T_2 , що передаються на сувісні вали обертання

$$T_1 = \Sigma P_{i1} \cdot R_{i1}, \quad T_2 = \Sigma P_{i2} \cdot R_{i2},$$

де R_{i1} , R_{i2} - радіуси ліній різання.

Відповідні потужності N_1 та N_2 дорівнюють

$$N_1 = T_1 \cdot \omega_{c1};$$

$$N_2 = T_2 \cdot \omega_{c2},$$

де ω_{c1} , ω_{c2} - середні кутові швидкості обертання внутрішньої і зовнішньої частин.

Їхні значення дорівнюють

$$\omega_{c1} = v_{c1} / R_{c1};$$

$$\omega_{c2} = v_{c2} / R_{c2},$$

де v_{c1} , v_{c2} - середні швидкості обертання відповідних складових різальної частини (показані на картині швидкостей, рис. 2, б).

Якщо двохвальний обертальник бурильного обладнання з сувісними вихідними валами для роздільного обертання складових ґрунторуйнівної частини приводиться до дії одним двигуном (наприклад з використанням планетарної передачі) на його вхідний вал діє сумарний крутний момент T та потужність N

$$T = T_1 \cdot \eta_1 + T_2 \cdot \eta_2;$$

$$N = N_1 \cdot \eta_1 + N_2 \cdot \eta_2,$$

де η_1 , η_2 - коефіцієнти корисної дії відповідних передач.

Висновки.

Із аналізу картини швидкостей (рис. 2, б) складеної сувісної ґрунторуйнівної частини, що побудована при розрахункових параметрах співвідношення діаметрів $D_2/D_1 = 2$, та передавального відношення механізму обертання $i = n_1/n_2 = 4$, можемо зробити висновок, що незначне збільшення максимальної швидкості крайніх різців (приблизно в 1, 3 рази) внутрішньої складової різальної частини за рівних середніх швидкостях v_{c1} та v_{c2} внутрішньої і зов-

нішньої частин значно покращує роботу різців на лініях різання розташованих ближче до центра обертання, зменшуючи їх глибину різання.

Отже, при розробці конструкцій аналогічних бурильних робочих органів на основі даних та проведених раніше досліджень можна рекомендувати приймати співвідношення діаметрів сувісних ґрунторуйнівних частин та передавальне відношення механізму їх обертання в межах $D_2/D_1 = 2 \dots 3$, $i = 3 \dots 4$.

Література

1. *Смірнов В.М., Головань В.П., Конопат О.П.* Розробка та визначення конструктивних параметрів спеціального бурильного обладнання для роботи на складних ґрунтах. – Збірник «Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини», № 77, 2011р. – С. 71-76.
2. *Смірнов В.М., Головань В.П.* Лопатевий буровий робочий орган з косокутними різальними елементами. – Збірник «Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини», № 72, 2008р. – С. 64-68.
3. *Смірнов В.М., Головань В.П.* Модернізований лопатевий робочий орган для буріння міцних ґрунтів. – Збірник «Техніка будівництва», № 23, 2009р. – С. 5-9.
4. *Смірнов В.М., Головань В.П., Олексіва А.Я.* Визначення кінематичних та геометричних параметрів бурильного обладнання з розділним обертанням складових різальної частини робочого органу. – Збірник «Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини», № 78, 2011р. – С. 64-68.
5. *Смірнов В.М.* Основи теорії різання ґрунтів просторово-орієнтованими ножами робочих органів землерійних машин: Монографія. – К.: «МП Леся», 2009р. – 260с.
6. *Ветров Ю.А.* Резание ґрунтов землеройными машинами. – М.: Машиностроение, 1971р. – 357с.

References

1. *Smirnov V.M., Golovan V.P., Konopat O.P.*, 2011. Rozrobka ta viznachenja konstruktivnih pa-rametriv specialnogo burilnogo obladnannja dlja roboti na skladnih gruntah [Develop and determine the structural parameters of the special drilling equipment to work on the complex grounds]. Girnichi, budivelni, dorozhni ta meliorativni mashini [Mining, construction, road and meliorative machines], no. 77, 71-76.
2. *Smirnov V.M., Golovan V.P.*, 2008. Lopatevij burovij robochij organ z kosokutnimi rizalnymi elementami [Blade boring working body of oblique cutting elements]. Girnichi, budivelni, dorozhni ta meliorativni mashini [Mining, construction, road and meliorative machines], no.72, 64-68.
3. *Smirnov V.M., Golovan V.P.*, 2009. Modernizovani lopatevij robochij organ dlja burinnja micnih gruntiv [Upgraded vane working body for drilling hard soils]. Tehnika budivnictva [Construction technique], no.23, 5-9.
4. *Smirnov V.M., Golovan V.P., Olexsiva O.J.*, 2011. Viznachenja kinematchnih ta geometrichnih parametriv burilnogo obladnannja z rozdilnim obertannjam skladovih rizalnoi chastini robochogo organu [Determination of kinematic and geometric parameters of drilling equipment with separate rotating cutter components of your body], Girnichi, budivelni, dorozhni ta meliorativni mashini [Mining, construction, road and meliorative machines], no.78, 64-68.
5. *Smirnov V.M.*, 2009. Osnovi teorii rizannja gruntiv prostорово-orientovanimi nozhami robochih organiv zemlerijnih mashin [Bases of theory of cutting of soils by the spatially-oriented knives of working organs of earthmovers]. Kyiv, MP Lesia Publ., 260.
6. *Vetrov J.A.*, 1971. Rezanie gruntov zemlerojnymi mashinami [Cutting with of soils earthmovers]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 357.

Надійшла до редакції
15.11.2012 р.

Затверджена до друку
12.12.2012 р.