

КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ КОМБІНОВАНОГО КІВШОВО-ШНЕКОВОГО БУРИЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ

Вячеслав Смірнов, Василь Головань

Київський національний університет будівництва і архітектури, Повітрофлотський просп. 31, Київ, Україна, profn@knuba.edu.ua

STRUCTURAL FEATURES OF THE COMBINED SCOOP-SCREW BORING EQUIPMENT

Vyacheslav Smirnov, Vasiliy Golovan

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

АНОТАЦІЯ. В статті наведено рекомендації по конструюванню нового робочого органа бурильних машин для буріння свердловин в півзв'язних ґрунтах. Робочий орган складається з двох співвісних ґрунторуйнівних частин обладнаних шнеками, які обертаються за різних швидкостей. Підвищення швидкості обертання центральної частини покращує роботу різців, розташованих ближче до центра, а два шнека – забезпечують можливість нижнього завантаження накопичувача та підвищують продуктивність буріння.

Ключові слова: бур, свердловина, різці, продуктивність.

АННОТАЦИЯ. В статье приведены рекомендации по конструированию нового рабочего органа бурильных машин для бурения скважин в полусвязных грунтах. Рабочий орган состоит из двух соосных ґрунторазрушающих частей, оборудованных шнеками, которые вращаются с различными скоростями. Повышение частоты вращения центральной части улучшает работу резцов, расположенных ближе к центру, а два шнека обеспечивают возможность нижней загрузки накопителя и повышают производительность бурения.

Ключевые слова: бур, скважина, резцы, производительность.

ABSTRACT. Purpose. To the article the results of researches are driven on creation of new construction of the combined scoop-screw working organ of boring machines for well-drilling in semi coherent difficult soils, and their rotation comes true with different speeds. **Methodology/approach.** Destruction and transporting of soil from a mining hole come true simultaneously by two component parts of working organ. **Findings.** What the productivity of the boring drilling and portage allows to promote.

Key words: bore, mining hole, chisels, productivity.

Подано 8.01.2014; прийнято 27.01.2014

ВСТУП

При бурінні свердловин під опори будівельних споруд в ґрунтах і породах із складною гірничо-геологічною структурою використання бурильного обладнання існуючих конструкцій не завжди є ефективним із-за різноманітності механічних властивостей багатьох видів ґрунтів. Тому створення універсальних робочих органів для ефективного буріння свердловин в різних ґрунтових і технологічних умовах не можливо. Для підвищення ефективності роботи бурильних машин доцільно оснащувати їх змінним обладнанням залежно від особливостей процесів буріння різних ґрунтів та технологічного призначення свердловин.

ВИКЛАД МАТЕРІАЛУ

Для буріння свердловин в складних півзв'язних ґрунтах, наприклад, в зцементованому галечнику, дрібношарових породах, в яких утруднене транспортування ґрунту із свердловин із-за обсіпання стінок та керна при кільцевому бурінні, створюються нові конструкції ківшевих робочих органів [1, 2]. Їхня розробка основана на вдосконаленні попередніх конструкцій та доповненню новими технічними рішеннями, направленними на підвищення ефективності буріння свердловин в породах із складною геологічною структурою, транспортуючої спроможності - видалення із свердловини, завантаження та розвантаження ґрунту із накопичувача робочого органа. При розробці модернізованого ківшового робочого органа для буріння складних ґрунтів пови-

нні бути враховані наступні його основні технічні особливості:

- можливість здійснювати завантаження бункера-накопичувача з нижньої його частини, що є менш енергоємним та технологічним на зрівняння з верхнім завантаженням;

- використання конструкції з роздільним обертанням внутрішньої та зовнішньої складових частин робочого органа, кожна з яких включає ґрунторуйнівний пристрій та транспортуючий шнек. Збільшення швидкості обертання внутрішньої різальної частини робочого органа покращує умови роботи різців, що знаходяться на лініях різання близьких до його центру.

Співвісні внутрішня та зовнішня частини робочого органа, кожна з яких оснащена шнеком, забезпечують роздільне руйнування та більш ефективне транспортування із свердловини зруйнованого різцями ґрунту, збільшуючи продуктивність буріння.

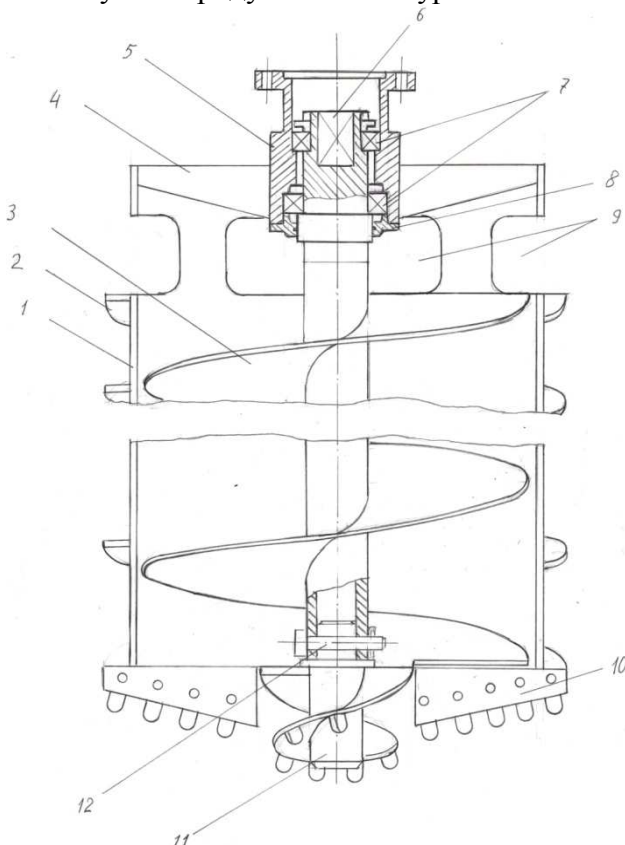


Рис. 1. Конструктивна схема комбінованого ківшово-шнекового робочого органа

Fig. 1. Structural chart of combined scoop-screw working organ

Конструктивна схема комбінованого ківшово-шнекового робочого органа бурильного обладнання показана на рис. 1. Він складається із циліндричного корпусу 1 зі шнеком на зовнішній поверхні 2. В середині корпусу змонтовано внутрішню обертову частину робочого органа зі шнеком 3. У верхній частині циліндричного корпусу закріплена траверса 4 із сталевих радіальних пластин, що приварені до нього зовнішніми кінцями, а внутрішні з'єднані з фланцем 5, що призначений для закріплення на зовнішній частині співвісної двохвальної бурової штанги, а також він одночасно є корпусом підшипників 7, в яких встановлено вал внутрішньої обертової частини робочого органа з квадратним отвором 6 для з'єднання з внутрішнім співвісним валом бурової штанги. Для захисту підшипників від попадання розбуреного ґрунту встановлена прохідна кришка з ущільненням 8.

У верхній частині циліндричного корпусу робочого органа, який одночасно є накопичувачем, для його верхнього розвантаження передбачено вікна 9. До нижньої його частини закріплені лопаті 10 з різцями для руйнування ґрунту по зовнішній частині дна свердловини. Руйнування його внутрішньої середньої частини виконується спіральним буром 11, закріпленим до центрального вала за допомогою пальця 12.

Використання спірального бура в центральній ґрунторуйнівній частині забезпечує ефективну подачу розбуреного ним ґрунту на внутрішній шнек, який транспортує більшу його частину.

В проведених раніше дослідженнях по розробках нових конструкцій бурильних робочих органів з роздільним обертанням складових різальної частини для їхніх обертальників (в більшості випадків) пропонується використання планетарних механізмів [1, 2, 3]. Розроблені рекомендації по вибору та розрахунках їхніх основних конструктивних параметрів.

Для проектування та вибору конструктивних параметрів різальних частин робочого органа, розробки схем розстановки різців на лініях різання, в попередніх дослідженнях проведено аналіз їхніх швидкостей за різних співвідношень розмірів вну-

трішньої та зовнішньої ґрунторуйнівних частин. Встановлено, що за оптимальні слід приймати: передаточне відношення планетарного обертового вала в межах

$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2} = 3 \dots 4 ,$$

та співвідношення діаметрів різальних частин

$$d_1 = \frac{D_2}{3 \dots 4} ,$$

де ω_1, ω_2 та n_1, n_2 – кутові швидкості та частоти обертання внутрішньої та зовнішньої ґрунторуйнівних частин ($\omega = \pi n / 30$);

d_1, D_2 – діаметри внутрішньої та зовнішньої ґрунторуйнівних частин, відповідно.

За розробкою схеми розташування різців необхідно враховувати збільшення їхньої швидкості на лініях різання, що знаходяться далі від центра. Тому для узгодження навантаження на кожен різець доцільно збільшення їхньої кількості на лініях різання, розташованих далі від центра.

Принципова конструктивна схема співвісних ґрунторуйнівних частин комбінованого ківшево-шнекового бурильного робочого органа показана на рис. 2.

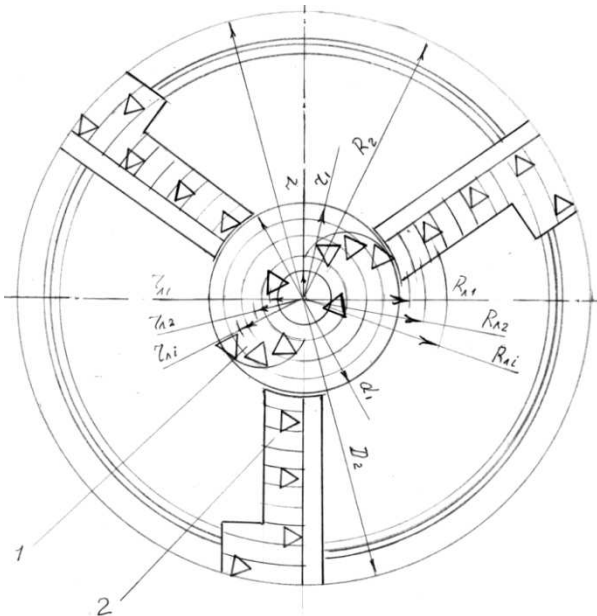


Рис. 2. Схема співвісних ґрунторуйнівних частин бурильного робочого органа

Fig. 2. Chart of parts of boring working organ

Внутрішня ґрунторуйнівна частина 1 є спіральний бур з двома спіральними лопатями, оснащеними різцями. В центральній частині спірального бура встановлено забурник з кернозломним отвором для видалення зруйнованого ґрунту на спіральні лопаті бура.

Зовнішня ґрунторуйнівна частина 2 включає лопаті з різцями, які закріплені до нижньої частини циліндричного корпуса робочого органа. Різці на зовнішній, як і на внутрішній ґрунторуйнівних частинах, розташовані в кілька ліній різання, що є концентричні кола.

При виборі кількості різців і ліній різання на ґрунторуйнівних частинах необхідно враховувати їхні міцності – максимально допустиме навантаження на кожен різець, тобто

$$P_i \leq P_{\max} ,$$

де P_i – навантаження на i -й різець;

P_{\max} – допустиме навантаження.

Кількість ліній різання на ґрунторуйнівних частинах залежить від їхніх радіальних розмірів та ширини різців. За постійної ширини прорізу кожним різцем кількість ліній різання визначиться залежностями

$$n_{p_1} = \frac{r_1 - r}{b} \text{ та } n_{p_2} = \frac{R_2 - r}{b} ,$$

де R_2, r_1, r – зовнішні та внутрішні радіуси ґрунторуйнівних частин; b – ширина різця.

За змінної ширини прорізу різцями, що розташовані на різній відстані від центра (наприклад, в спіральному бурі), її зменшення можемо враховувати коефіцієнтом

$$K_i = 1 - 1/n_p(i-1) ,$$

де i – порядковий номер лінії різання.

Зменшення ширини зрізів на кожній наступній лінії різання призводить до зміни їхніх радіусів, тобто

$$r_{li} = r_{li-1} - k_i \cdot b ,$$

$$R_{li} = R_{li-1} - k_i \cdot b ,$$

де r_{li-1} та r_{li} , R_{li-1} та R_{li} – попередня та наступна величини радіусів різання внутрішньої та зовнішньої різальних частин.

Крім того збільшиться загальна кількість ліній різання, що дорівнює

$$n'' = n_p + n' ,$$

де $n' = n_p - \sum K_i$.

За великої розрахункової кількості додаткових ліній різання зміну ширини (n) їхніх прорізів доцільно врахувати конструктивно.

Для забезпечення ефективної роботи комбінованого ківшево-шнекового бурильного обладнання, вибору конструкції та розрахунку приводу необхідно забезпечити узгодження параметрів його ґрунторуйнівних частин та транспортувальних шнеків.

Потужність двигуна, необхідна для бурильного обладнання, повинна забезпечити роботу ґрунторуйнівного пристрою, що складається із внутрішньої та зовнішньої ґрунторуйнівних частин та транспортувальних шнеків, якими вони обладнані.

Потужність, що витрачається на різання ґрунту різцями ґрунторуйнівних частин, залежить від величин сил різання, радіусів їх розташування на лініях різання та швидкостей обертання. Визначивши глибину різання кожним різцем для ґрунтів різної міцності, середньо максимальні дотичні сили різання гострими та затупленими різцями можемо визначити за методикою, приведеною в роботі [4].

Крутні моменти, що діють на кожну різальну частину T_1 , T_2 та сумарний T_P , визначаються залежностями

$$\begin{aligned} T_1 &= \sum P_{i1} \cdot r_{i1}; \\ T_2 &= \sum P_{i2} \cdot R_{i2}; \\ T_P &= T_1 + T_2, \end{aligned}$$

де P_{i1} , P_{i2} – сили різання i -ми різцями $1-i$ (внутрішньої) та $2-i$ (зовнішньої) частини; r_{i1} , R_{i2} – радіуси ліній різання $1-i$ та $2-i$ частин, відповідно.

Потужність, що витрачається на різання ґрунту:

$$N_P = N_{P1} + N_{P2} = T_1 \omega_1 + T_2 \omega_2, \text{ кВт},$$

де N_{P1} , N_{P2} , ω_1 , ω_2 – потужності та кутові швидкості обертання внутрішньої та зовнішньої ґрунторуйнівних частин, відповідно.

Потужність двигуна необхідна для транспортування ґрунту шнеками $N_{ш1}$ та $N_{ш2}$ на висоту H м та їхньої продуктивності в одиницях маси $Q_{1,2}$ м/год або ваги $Q_{b1,2}$ кН/год, з врахуванням коефіцієнта корисної дії транспортувального пристрою η дорівнює [5]:

$$\begin{aligned} N_{ш} &= N_{ш1} + N_{ш2}; \\ N_{ш1,2} &= \frac{Q_{1,2} H}{3670 \eta} = \frac{Q_{1,2} H}{36,7 \eta}, \text{ кВт}, \end{aligned}$$

крутний момент

$$T_{ш} = \frac{N_{ш1}}{\omega_1} + \frac{N_{ш2}}{\omega_2} \text{ кНм}.$$

Продуктивність транспортування ґрунту шнеком:

$$\begin{aligned} Q_{b1} &= 3600 F_{01} v_1 \gamma_B \psi_1 \text{ м/год}; \\ Q_1 &= 3600 F_{01} v_1 \gamma \psi_1 \text{ кН/год}; \\ Q_{b2} &= 3600 F_{02} v_2 \gamma_B \psi_2 \text{ м/год}; \\ Q_2 &= 3600 F_{02} v_2 \gamma \psi_2 \text{ кН/год}, \end{aligned}$$

де F_{01} , F_{02} – поперечний переріз шнека внутрішньої та зовнішньої частини робочого органа, м^2 ; v_1 , v_2 – відповідні вертикальні швидкості пересування ґрунту м/с; γ_B , γ – об'ємна вага кН/м³, маса т/м³ розбуреного ґрунту; ψ_1 , ψ_2 – коефіцієнти наповнення шнеків, відповідно.

Для забезпечення руху ґрунту вгору по поверхні шнеків, необхідно, щоб частоти обертання складових частин робочого органа n_1 та n_2 були більшими критичних частот обертання $n_{кр1}$ та $n_{кр2}$ [5].

Розвантаження шнеків робочого органа може бути здійснено через верхню його частину за рахунок відцентрових сил, що виникають за обертання внутрішньої та зовнішньої складових [5]: внутрішньої

$$mgf_{ш} \leq mr_{c1} \left(\frac{\pi n_{1\min}}{30} \right)^2$$

та зовнішньої

$$mgf_{ш} \leq mR_{c2} \left(\frac{\pi n_{2\min}}{30} \right)^2,$$

де m – маса частки ґрунту; f – коефіцієнт тертя ґрунту по шнеку; g – прискорення вільного падіння; r_{c1} , R_{c2} та $n_{1\min}$, $n_{2\min}$ – середні радіуси шнеків та мінімальні частоти обертання складових внутрішньої та зовнішньої частин робочого органа, відповідно.

Із приведених рівнянь визначаються мінімальні значення частот обертання шнеків для ефективного їхнього розвантаження

$$n_{1\min} \geq 30 \sqrt{\frac{f_{ш}}{r_{c1}}},$$

$$n_{2\min} \geq 30 \sqrt{\frac{f_{\text{ш}}}{R_{\text{с2}}}}$$

Конструкція робочого органа дозволяє також здійснення розвантаження через нижній отвір циліндричного корпусу після видалення із свердловини, для чого йому надається зворотне обертання.

ВИСНОВКИ

1. Конструкція комбінованого ківшово-шнекового бурильного обладнання з розділним обертанням ґрунторуйнівних частин, кожна з яких оснащена шнеком для транспортування із свердловини зруйнованого різцями ґрунту, дозволяє розширити можливості використання бурильної техніки при бурінні свердловин в складних півзв'язних ґрунтах за рахунок модернізації ґрунторуйнівного та транспортуючого пристроїв, що дає змогу підвищити ефективність використання бурильної техніки.

2. Розроблені рекомендації направлені на вдосконалення існуючих та визначення нових технічних рішень по створенню модернізованої бурильної техніки, що розширює можливості її використання для будівельного виробництва в складних гірничо-геологічних умовах.

3. Основною перевагою нової конструкції модернізованого бурильного робочого органа є покращення роботи ґрунторуйнівного пристрою, який складається із двох співвісних частин, обладнаних шнеками, які обертаються за різних швидкостей. Це дає змогу збільшити продуктивність буріння та транспортування ґрунту із свердловини за рахунок покращення роботи центральної частини робочого органа, що в цілому дає змогу зменшити енергоємність процесу буріння.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Смірнов В.М., Головань В.П., Конопат О.П.* Розробка та визначення конструктивних параметрів спеціального бурильного обладнання для роботи в складних ґрунтах. – Збірник «Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини», № 77, 2011.

2. *Смірнов В.М., Головань В.П., Лук'яненко В.С.* Особливості конструювання та розрахунку модернізованого ківшового бурильного обладнання з розділним обертанням складових ґрунторуйнівної частини. – Збірник «Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини», № 80, 2012.

3. *Смірнов В.М., Головань В.П., Олексіва А.Я.* Визначення кінематичних та геометричних параметрів бурильного обладнання з розділним обертанням складових різальної частини робочого органа. – Збірник «Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини», № 78, 2012.

4. *Смірнов В.М.* Основи теорії різання ґрунтів просторовоорієнтованими ножами робочих органів землерийних машин: Монографія. – К.: «МП Леся», 2009. – 260с.

5. *Спиваковский А.О., Дьячков В.К.* Транспортирующие машины. – М.: Машиностроение, 1986г. – 504с.

REFERENCES

1. *Smirnov V.M., Golovan V.P., Konopat O.P.*, 2011, Rozrobka ta vyznachennja konstruktivnyh parametriv special'nogo buryl'nogo obladnannja dlja roboty v skladnyh g'runtah. – Zbirnyk [Girnychi, budivel'ni, dorozhni ta melioratyvni mashyny], no. 77.

2. *Smirnov V.M., Golovan' V.P., Luk'janenko V.S.*, 2012, Osoblyvosti konstrujuvannja ta rozrahunku modernizovanogo kivshovogo buryl'nogo obladnannja z rozdil'nym obertannjam skladovyh gruntorujnivnoi' chastyny. – Zbirnyk [Girnychi, budivel'ni, dorozhni ta melioratyvni mashyny], no. 80.

3. *Smirnov V.M., Golovan' V.P., Oleksiva A.Ja.*, 2012, Vyznachennja kinematychnyh ta geometrychnyh parametriv buryl'nogo obladnannja z rozdil'nym obertannjam skladovyh rizar'noi' chastyny robochogo organa. – Zbirnyk [Girnychi, budivel'ni, dorozhni ta melioratyvni mashyny], no. 78.

4. *Smirnov V.M.*, 2009, Osnovy teorii' rizannja g'runtiv prostоровoorijentovanymy nozhamy robochyh organiv zemleryjnyh mashyn: Monografija. – K.: [MP Lesja], – 260s.

5. *Spyvakovskij A.O., D'jachkov V.K.*, . 1986, Transportyrujushhje mashyny. – M.: Mashynostroenye, g. – 504s.