

УДК 622.24

І. О. Юшков, Є. С. Глущенко

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», Донецьк, Україна

Розробка бурового пристрою зі з'ємним керноприймачем для буріння інженерно- геологічних свердловин

Стаття присвячена проблемі підвищення якості відбору зразків непорушеного ґрунту при бурінні інженерно-геологічних свердловин і створення вдосконалених технічних засобів для відбору проб при дослідженнях. Існуючі засоби відбору монолітів ґрунту мають ряд недоліків, найбільш важливими з яких є застосування системи пружних фіксаторів керноприймача, відсутність керноутримуючих пристроїв і необхідність деякого вертикального переміщення бурового снаряду при зриві керна. Для підвищення якості відібраних зразків і підвищення продуктивності бурових робіт була запропонована і розроблена конструктивна схема шнекоколонкового бурового снаряду, що включає суцільну по діаметру бурильну трубу із зовнішньою шнековою навивкою і знімний керноприймач з необертальною ґрунтоносною трубою. Керноприймач розкріплюється в посадковому вузлі з допомогою принципово нової схеми з висувними бічними фіксаторами - пальцями, які переміщуються у площині, перпендикулярної осі бурового снаряду. Для автоматизації виконання проектних і перевірочних робіт при конструюванні шнекоколонкового бурового снаряду були розроблені розрахункові програми на ПЕОМ. Застосування програм розрахунку дозволить визначити як конструктивні параметри, так і технологічні режими буріння. Програми розраховані на можливість проектування для різних вихідних параметрів. Розроблена конструкція і технологія застосування шнекоколонкового бурового зняття зі змінною необертальною ґрунтоносною трубою, розрахованою на застосування шнеко-пневматичної системи очищення від шламу. Для розробленого бурового зняття спроектована твердосплавна коронка ребристого типу діаметром 171,4 мм.

Ключові слова: непорушений ґрунт, ґрунтонос, шнекоколонковий снаряд, керноприймач, фіксатор.

За останні роки в Україні відмічається стабільність річних об'ємів містобудівних робіт промислового, житлового та інфраструктурного призначення. У багатьох містах будуються житлові, торговельні та готельні комплекси і спортивні споруди. Враховуючи, що в умовах щільної забудови міст, будівлі що проектуються та споруджуються, часто мають підвищену поверховість, забезпечення якості проводжуваних інженерно-геологічних досліджень залишається вельми актуальним завданням.

Бурові свердловини є найважливішим джерелом прямого здобуття інженерно-геологічної та гідрогеологічної інформації про особливості та фізико-механічні властивості ґрунтів, що складають територію передбачуваного об'єкту будівництва.

У число основних завдань буріння свердловин при інженерних дослідженнях, входять вивчення геологічного розрізу, і визначення фізико-механічних властивостей ґрунтів. Від якості проведених робіт залежить остаточне рішення про якість ґрунту, фундаменту для проектування будівлі або споруди.

Зразки, що відбираються для вивчення геологічного розрізу, повинні відображати всі структурні, текстурні та інші особливості ґрунту: послідовність в заляганні шарів; потужність шарів і положення контактів; наявність включень і тонких прослоїв; консистенцію і водоносність ґрунтів і так далі.

Фізико-механічні властивості ґрунту визначають по відібраних зі свердловин монолітів, і за допомогою спеціальних робіт в свердловинах. Відібрані зі свердловини моноліти, повинні забезпечувати максимальну відповідність їх властивостей, властивостям шарів, з яких ці шари відбирають.

У зв'язку з цим, вельми актуальними є питання, пов'язані з розробкою нових та

удосконаленням існуючих технічних засобів, що дозволило б підвищити продуктивність буріння, точність і показність опису геологічного розрізу.

Для відбору монолітів використовують спеціальні пристрої – ґрунтоноси трьох типів: обурювальні, забивні і вдавлювальні. Обурювальні ґрунтоноси найбільшим чином задовольняють всі необхідні умови для збереження природної структури і вологості, при відборі порід глинистого комплексу твердої і напівтвердої консистенції, піщаних ґрунтів щільних і середньої щільності, а також заторфованих ґрунтів.

На кафедрі технології та техніки геологорозвідувальних робіт Донецького національного технічного університету виконуються дослідження, метою яких є розробка бурового пристрою для інженерно-геологічних досліджень, який дозволить підвищити якість показних проб ґрунту і продуктивність бурових робіт.

Недоліком багатьох ґрунтоносів є відсутність керноутримувальних вузлів. Також практично усі конструкції мають один загальний недолік, що виявляється в умовах інженерно-геологічного буріння. Цей недолік пов'язаний з системою фіксації знімного керноприймача, що здійснюється за допомогою двох підпружинених фіксаторів, закріплених як правило на загальній осі обертання, або шарикового замку, який не забезпечує надійності утримання колони.

Для зменшення витрат часу на спуско-підймальні операції доцільно використовувати знімну керноприємну трубу, яка могла б підійматися і опускатися на канаті усередині колони бурильних труб.

Проведений аналіз показав, що підвищити якість відбираємих проб при інженерно-геологічних дослідженнях можна шляхом:

- використання пристроїв з не обертальною внутрішньою трубою керноприймача;
- виключенням попадання промивальної рідини в порожнину керноприймача, або переходом на продування чи механічне очищення вибою від шламу;
- скороченням довжини рейсу для зменшення зм'яття, переущільнення і налипання ґрунту в порожнині керноприймача.

Підвищити продуктивність бурових робіт при інженерно-геологічних дослідженнях за рахунок зменшення затрат часу на спуско-підймальні операції з колоною бурильних труб, можна шляхом використання пристроїв з вставними керноприймачами.

Вказаним вимогам задовольняють шнекоколонкові пристрої із вставними керноприймачами, що підіймаються за допомогою спеціального ловця – овершота.

На основі проведеного аналізу була запропонована принципова схема шнекоколонкового бурового пристрою, яка має:

- 1) зовнішній шнек для механічного транспортування крупних часток шламу;
- 2) мінімальну різницю діаметрів колони бурильних труб та свердловини для зменшення їх вигину від осевого навантаження;
- 3) вузол фіксації керноприймача у пристрої, що забезпечує як його відрив від забою без переміщення колони бурильних труб, так і надійну фіксацію;
- 4) керноприємну трубу, яка для забезпечення збереження структури проб є необертальною;
- 5) спеціальну бурову коронку, що забезпечує надійне руйнування гірської породи і сприяє транспортуванню шламу з використанням шнеко-пневматичної очистки.

Важливою технологічною умовою є можливість очищення вибою шляхом впровадження очисного агента, що не розмиває kern, для запобігання проблемам з транспортуванням шламу. Найбільшим чином цій умові задовольняє стисле повітря або водно-повітряна суміш, що подаються в свердловину через колону бурильних труб за допомогою компресорних установок; потік повітря при цьому повинен циркулювати з мінімальною дією на kern, або зовсім минувати його.

Шнекоколонковий буровий пристрій планується для використання в гірничих породах I – IV категорій по буримості. Для розглядаємих розмірів бурового пристрою та його області використання, твердосплавних коронок з такими параметрами, що випускаються серійно не існує, тому була спроектована спеціальна бурова коронка. Перекривати великий кільцевий простір, що руйнується за допомогою породоруйнівного інструменту, дозволить конструкція коронки (рис. 1), в корпусі 4 якої закріплені поперечні ребра 1, а робоча поверхня самих ребер армована стандартними різцями 2.

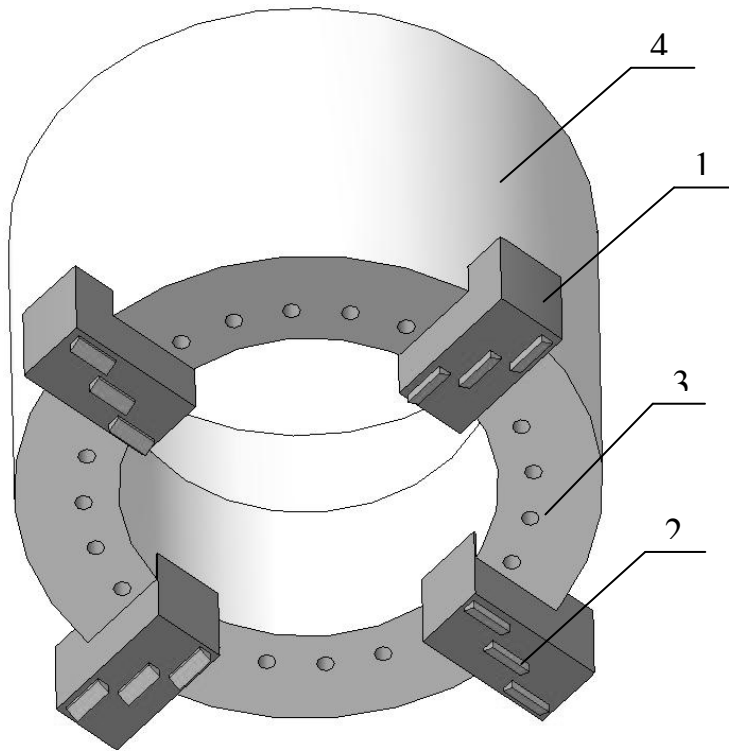


Рис. 1. Бурова коронка

1 – ребро, 2 – твёрдосплавный резец, 3 – очистні отвори, 4 – корпус коронки

Для моделювання деформацій основних елементів бурової коронки, що виникають при передаванні осьових навантажень, було застосовано багатofункціональний програмний пакет ANSYS. Було проведено моделювання, а також перевірочні розрахунки коронки за III та IV (рис. 3) теоріями міцності.

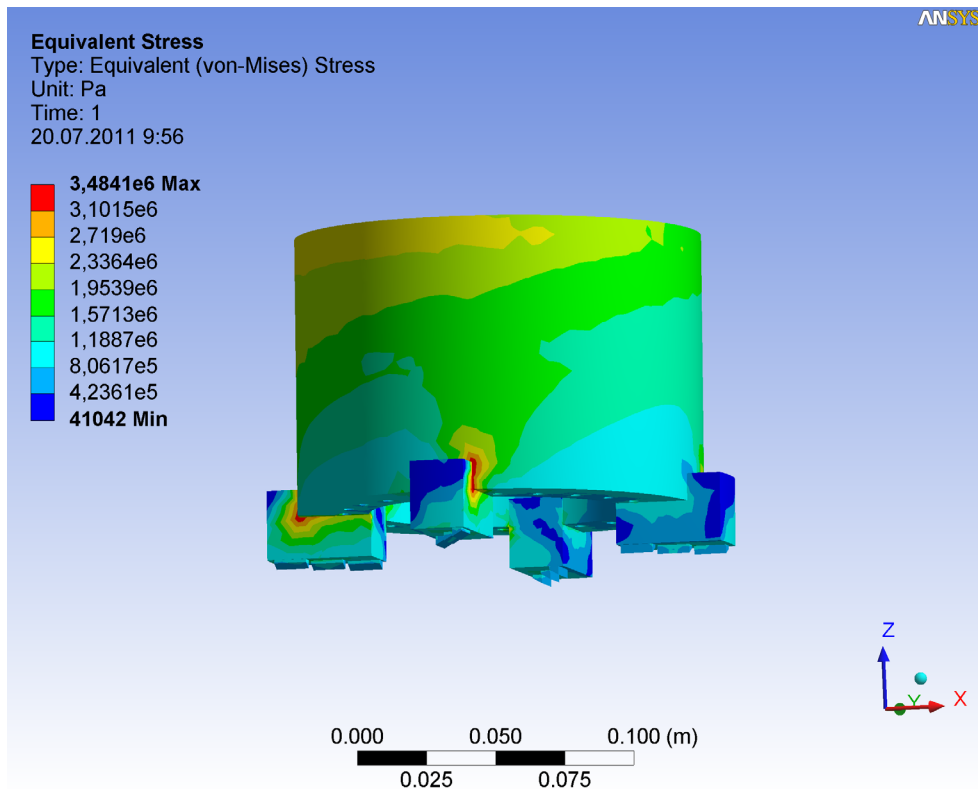


Рис. 2. Розподілення еквівалентної напруги, що виникає при роботі спроектованої бурової коронки

Було визначено, що найбільша напруга, яка виникає під час роботи коронки в свердловині, досягається в місцях з'єднання ребер коронки з корпусом, а її значення знаходяться в допустимих границях, бо вони на два порядки менше границі текучості матеріалу.

На етапі розробки конструкції шнекоколонкового бурового пристрою, і для проведення подальших розрахунків було визначено раціональний кут підйому гвинтової лінії шнеку. Розрахунковий показник має важливе значення, оскільки він є одним із найважливіших елементів розрахунку раціональної частоти обертання пристрою, і транспортування частинок шламу з вибою до гирла.

Кут підйому гвинтової поверхні на місці з'єднання з трубою, і по зовнішньому діаметру шнека різний. Прийняв діаметр шнеку по стрічковій навивці 167 мм, а по бурильній трубі 127 мм, виходячи із геометричних параметрів шнеку визначимо наступне.

Кут підйому по внутрішньому діаметру шнека:

$$\alpha = \arctg\left(\frac{H}{\pi \cdot D_{\text{вн}}}\right);$$

де $D_{\text{вн}}$ – внутрішній діаметр шнеку, м;

H – шаг шнеку, м;

$$\alpha = \arctg\left(\frac{0,3}{\pi \cdot 0,127}\right) = 36,9^\circ;$$

Кут підйому по зовнішньому діаметру шнеку:

$$\alpha = \arctg\left(\frac{H}{\pi \cdot D_{\text{зн}}}\right);$$

де $D_{\text{зн}}$ – зовнішній діаметр шнеку, м;

$$\alpha = \arctg\left(\frac{0,3}{\pi \cdot 0,167}\right) = 29,8^\circ.$$

Таким чином, середнє значення кута підйому складає 33° .

Досить складною задачею є узгодження раціональних розрахункових частот обертання коронки і корпусу. Число обертів коронки повинно забезпечити руйнування гірської породи на вибою, натомість число обертів шнеку потрібно забезпечувати підйом шламу від вибою до гирла. Для автоматизації розрахунків при дослідженні пристрою були створені розрахункові програми на мові Visual Basic 6.0 за допомогою яких можна підібрати конструктивні та технологічні параметри для різних геологічних умов. В процесі дослідження були виконані розрахунки технологічних режимів буріння, міцностних характеристик та витрат потужності. На рисунках 3, 4 та 5 представлені діалогові вікна розроблених програм для визначення параметрів режиму буріння.

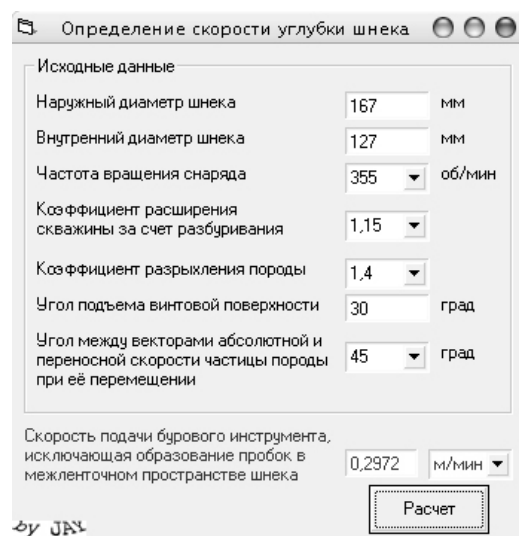


Рис. 3. Вікно програми розрахунку швидкості поглиблення пристрою

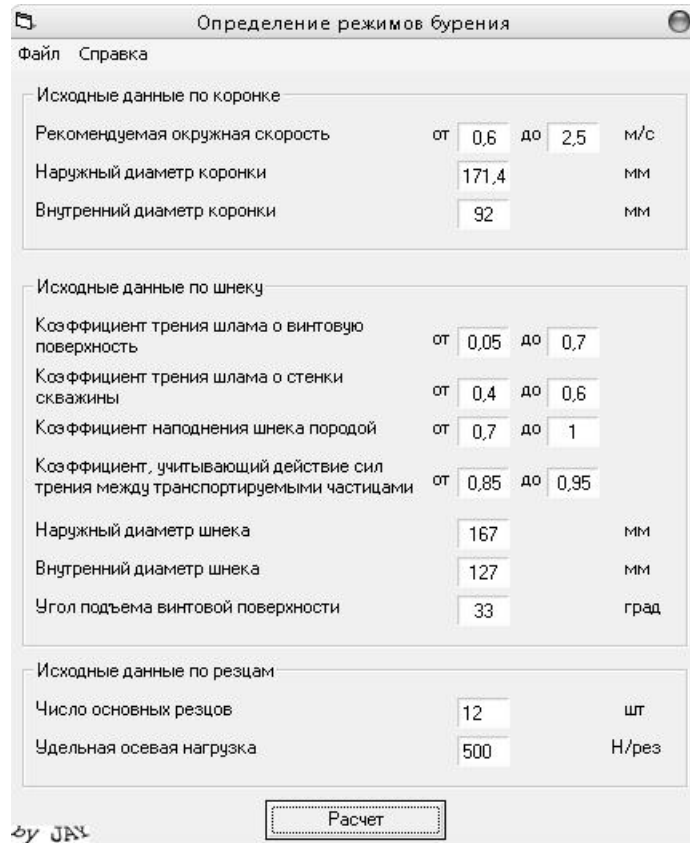


Рис. 4. Вікно програми для введення вхідних даних при розрахунку режимів буріння

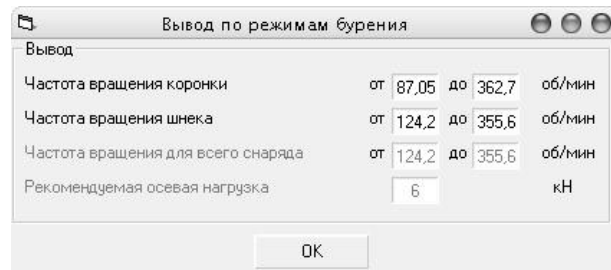


Рис. 5. Вікно, що виводить результат розрахунку режимів буріння

Проведені розрахунки дозволили визначити раціональні технологічні параметри режиму буріння, які наведені у табл. 1.

Таблица 1 – Технологічні параметри режиму буріння

Категорія по буримості	Частота обертання, об/хв.	Осьове навантаження, кН.	Подача повітря, м ³ /год.
I	125 – 161	1 – 1,3	7 – 7,7
II	163 – 210	1,7 – 2,1	3,5 – 3,9
III	212 – 273	2,9 – 3,5	2,1 – 2,4
IV (V)	276 – 355	4,9 – 6	1,2 – 1,3

На рисунках 6 та 7 представлені діалогові вікна розроблених програм для визначення відповідно витрат потужності і міцностних характеристик пристрою.

Вращение колонны	
Частота вращения снаряда	355
Наружный диаметр шнека	167
Длина колонны	30

Разрушение забоя	
Наружный диаметр коронки	171,4 мм
Внутренний диаметр коронки	92 мм
Осевая нагрузка	6 кН
Кэф. физико-механические свойства породы и характер её разрушения	0,1
Кэф. трение коронки о породу	2
Углубка коронки за один оборот	0,001 м/об

Вывод	
Крутящий момент	249,6718 Н м
Затраты мощности на вращение колонны	9,2769718 кВт
Затраты мощности на разрушение забоя	30,632893 кВт
Суммарные затраты мощности	39,909865 кВт

Расчет

Рис. 6. Вікно програми розрахунку витрат потужності

На основі проведених досліджень була розроблена конструкція шнекоколонкового бурового пристрою для відбору непорушених зразків керна обурювальним способом. Пристрій (рис. 8) включає такі основні вузли: корпус; керноприймач; бурова коронка.

Корпусна труба діаметром 127 мм має зовнішню шнекову поверхню по всій довжині. У середині корпусу є розточка, призначена для з'єднання з фіксаторами вузла фіксації вставного керноприймача, та уступ для його упору. У верхній частині нарізано різьблення для з'єднання зі шнековою колоною бурильних труб, а в нижній з буровою коронкою.

В якості бурильних використовуються труби діаметром 127 мм, що також мають зовнішню шнекову поверхню по всій довжині, із зовнішнім діаметром по гвинтовій поверхні 167 мм. Кут підйому гвинтової лінії складає 30°-36°, шаг 30 см. З'єднання труб із пристроєм, а також між собою відбувається за допомогою з'єднувальних муфт.

Геометричні параметри шнеку розраховано з умови найбільшого приближення розрахункової частоти обертання коронки і корпусу.

Бурова коронка ребристого типу діаметром 171,4 мм (6^{3/4} дюйма) спеціально розроблена для даного пристрою і має чотири поперечні ребра, армованих твердосплавними різцями. Окрім цього в ній є продувні канали, для забезпечення виходу очисного агента з кільцевого зазору між корпусом і керноприймачем безпосередньо на вибій.

Максимальне наближення зовнішнього діаметру бурильних труб до діаметру свердловини, забезпечує зменшення їх вигину від осевого навантаження при бурінні, а також сприяє поліпшенню умов транспортування шлама, із-за зменшення кільцевого зазору між свердловиною і пристроєм.

Керноприймач представляє трубу діаметром 108 мм (внутрішній діаметр 98 мм), сполучену з вузлом фіксації і вузлом підвіски. Керноприймач підіймається і опускається за допомогою каната на овершоті, у міру наповнення колонкової труби керном. Керноприймач у свою чергу має три основні вузли:

- вузол фіксації;
- вузол підвіски;
- колонковий вузол.

Определение прочностных характеристик снаряда

Исходные данные		Вспомогательные данные	
Длина колонны	30 м	Вес бурового снаряда	6094 Н
Диаметр бурения	171,4 мм	Фактический вес 1го метра колонны	203,133 Н
Наружный диаметр шнека	167 мм	Площадь опасного сечения колонны	0,002 м ²
Внутренний диаметр шнека	127 мм	Осевой момент инерции $\times 10^{-6}$	3,5696 м ⁴
Внутренний диаметр штанги	117 мм	Полярный момент сопротивления $\times 10^{-3}$	1,1243 м ³
Модуль упругости	200000 МПа	Стрела прогиба	0,0022 м
Интенсивность искривления	0,01	Расстояние от нулевого до верхнего сечения	0,4628 м
Высота поперечного сечения шнека	3 мм	Расстояние от нулевого до нижнего сечения	29,5373 м
Ширина поперечного сечения шнека	20 мм	Длина полуизгиба для верхнего сечения	12,632 м
Осевая нагрузка	6 кН	Длина полуизгиба для нижнего сечения	12,5890 м
Частота вращения	355 об/мин		
Затраты мощности на разужение забоя	31 кВт		
Затраты мощности на вращение колонны	9,6 кВт		
		Справочные данные по материалам	
		Материал	Сталь К, 36 Г2С
		Предел прочности	700 МПа
		Предел текучести при растяжении	500 МПа
		Предел текучести при кручении	244 МПа

Прочность верхнего сечения		Прочность нижнего сечения	
Напряжение растяжения	0,047 МПа	Напряжение сжатия	3 МПа
Напряжение изгиба	5,1846 МПа	Напряжение изгиба	5,2002 МПа
Напряжение кручения	9,7187 МПа	Напряжение кручения	11,131 МПа
Суммарные напряжения	20,1291 МПа	Суммарные напряжения	23,7242 МПа
Запас прочности	25	Запас прочности	4
Условие прочности выполняется		Условие прочности выполняется	

Расчет

Прочность снаряда		
Запас прочности по изгибу	21	Запас прочности по кручению
		36
		Суммарный запас прочности всего снаряда
		18
Условие прочности выполняется		

Рис. 7. Вікно програми розрахунку міцностних характеристик пристрою.

У вузлі фіксації керноприймача (рис. 9) знаходяться корпус, хвостовик, фіксатори, і вал для з'єднання з вузлом підвіски. Хвостовик використовується для захвату овершотом. Фіксатори переміщуються по конічному розточуванню усередині корпусу; у транспортному положенні вони стискаються (рис. 9, а), а в робочому розтискаються за допомогою пружини (рис. 9, б).

При необхідності підйому керноприймача, після захвату його овершотом, він піднімається вгору, а стопори при цьому стискаються, і як наслідок звільняють його від корпусу. При спуску стопори повертається в крайнє верхнє положення, і встановлюються в розточуванні корпусу, фіксуючи при цьому керноприймач.

Вузол підвіски керноприймача складається з двох одинарних упорних шарикопідшипників, що дозволяють розділити вузли пристрою на обертальні та не обертальні частини і тим самим підвищити якість відібраного кернового матеріалу. Вал, що є перехідною ланкою на колонковий вузол, нерухомий відносно пристрою. На ній встановлюється манжета, що дозволяє утримувати цей вузол маслорозподільним. Всередині корпусу вузла підвіски виконані канали для циркуляції очисного агента.

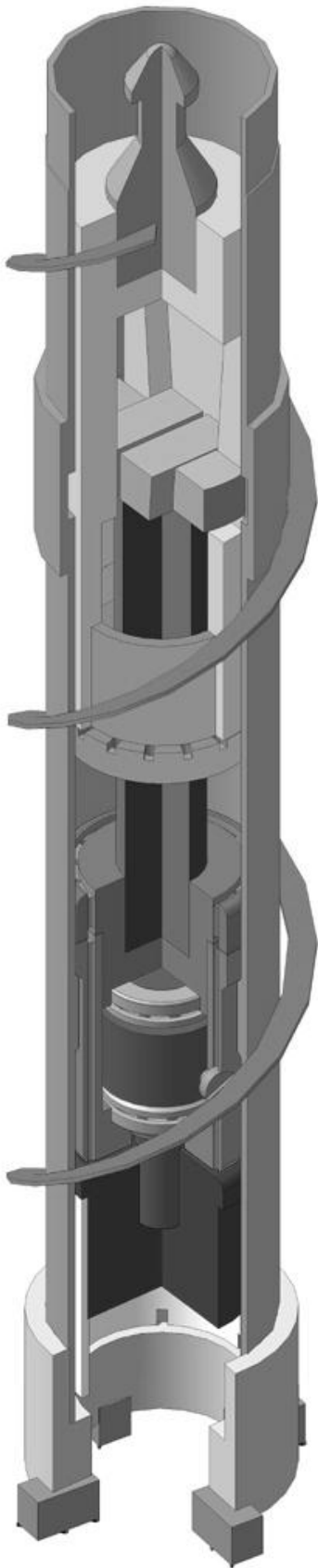
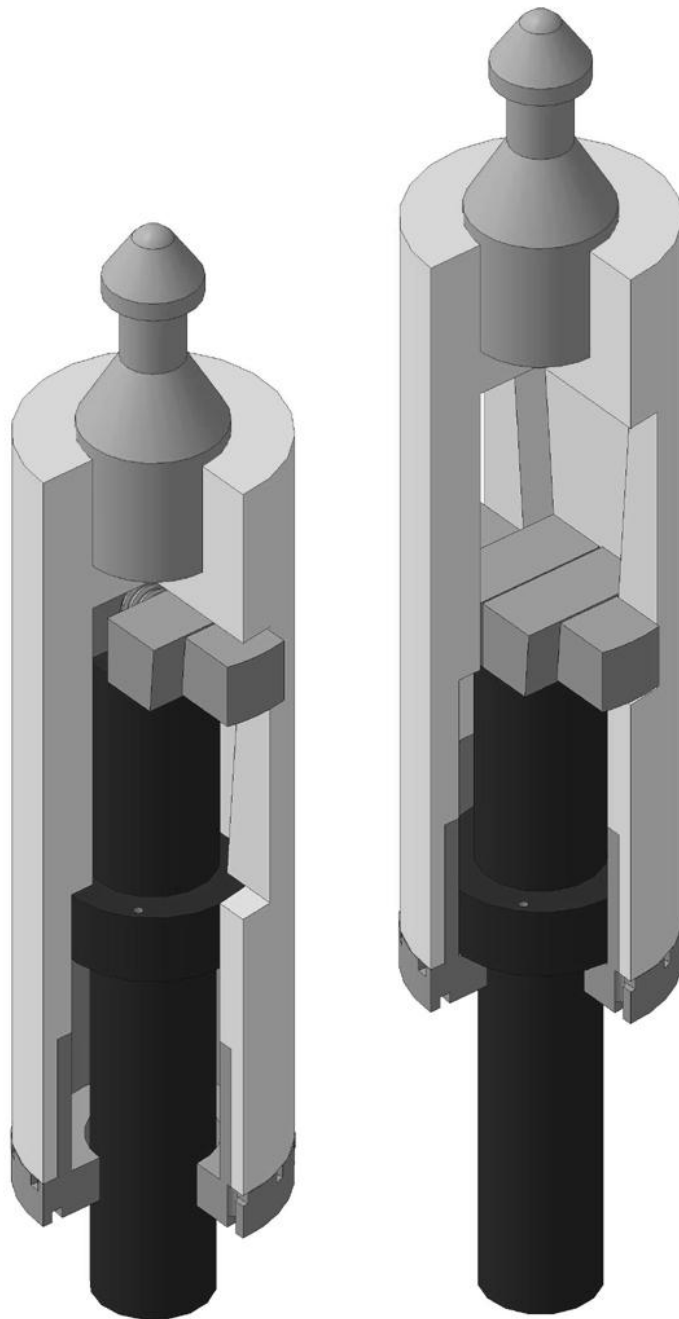


Рис. 8. Шнекоколонковий пристрій зі знімним керноприймачем



а) б)

Рис. 9. Вузол фіксації.

а) робоче положення; б) транспортне положення.

Керноприймний вузол складається з перевідника із вузла підвіски, та колонкової труби. Колонкова труба діаметром 108 мм (внутрішній діаметр 98 мм), з'єднується з нерухомою частиною підшипникового вузла різьбовим з'єднанням. Довжина керноприймної частини колонкової труби залежить від необхідної довжини рейсу, що відповідає якісному відбору проби ґрунту. Зрив керна відбувається за допомогою пелюсткового кернорвача.

Принцип дії пристрою наступний. На етапі відбору керна, при заповненні колонкової труби, процес буріння

зупиняється. В свердловину на канаті спускається овершот, яким керноприймач захоплюється за хвостовик. З початком підйому, корпус вузла фіксації захоплений овершотом починає підійматися вгору. Переміщення приводить до стискання фіксаторів, і звільнення керноприймача від корпусу. В подальшому захоплюються нижні вузли, і весь пристрій підіймається на поверхню. Коли керноприймач виходить на поверхню, він фіксується, колонкова труба відкручуються, і дістаються зразки керну. Порожня колонкова труба прикручується до пристрою, і він на тому ж овершоті спускається в свердловину. При досягненні вибою, нижні вузли зупиняються, корпус вузла фіксації продовжує опускатися. Фіксатори підіймаються по кінчному розточуванню, розтискаються за рахунок сили розтягнення пружини, фіксуються у розточуванні корпусу, фіксуючи при цьому керноприймач. Овершот під дією власної ваги спускається у крайнє нижнє положення, і хвостовик вивільняється. Овершот підіймається вгору. Процес буріння продовжується.

Розроблена технологія забезпечує плавний відрив керноприймача від вибою при підйомі, а також плавну фіксацію при спуску.

Представлена технологія передбачає підйом керноприймача на поверхню, без необхідності проведення спуско-підйомальних операцій з колоною бурильних труб. Окрім значного скорочення витрат часу на буріння, це дозволяє підбирати необхідну довжину рейсу, і тим самим збільшити якість керну, його збереження від зім'яття і порушення.

Буровий пристрій розрахований на застосування шнеко-пневматичного способу очищення вибою, причому конструкція вузла підвіски виключає попадання робочого потоку повітря всередину керноприймальної труби, також підвищуючи збереження керна. Використання в ролі очисного агента саме стислого повітря дозволить застосовувати пристрій, при бурінні з самохідних бурових установок, що мають компресорну станцію.

Технічну характеристику розробленого шнекоколонкового пристрою наведено у табл. 2.

Таблиця 2 – Технічна характеристика шнекоколонкового бурового пристрою з вставним керноприймачем

Довжина пристрою, мм	1875
Довжина керноприймача, мм	1750
Діаметр буріння, мм	171,4
Діаметр шнеку, мм	167
Діаметр шнекової штанги, мм	127
Діаметр керноприймача, мм	108
Діаметр керна, мм	92
Максимальний обертальний момент, Н·м	250
Максимальні затрати потужності, кВт	40
Маса керноприймача, кг	50
Маса пристрою, кг	85,5

За результатами виконаної роботи можна сформулювати наступні висновки:

1. На основі аналізу розроблена принципова схема удосконаленого шнекоколонкового бурового пристрою з вставним керноприймачем, що дозволяє підвищити сумарну глибину буріння при скороченні довжини рейсу.
2. Спроектвана і досліджена твердосплавна бурова коронка ребристого типу діаметром 171,4 мм, для буріння двійним колонковим пристроєм зі з'ємним керноприймачем.
3. Спроектований і досліджений вузол фіксації бурового пристрою дозволяє виключити вертикальні переміщення пристрою в момент звільнення керноприймача. Проведенням дослідів встановлено раціональний кут нахилу клинної поверхні вузла фіксації, що складає 33 град.
4. Використання колони зі шнековою навивкою дозволяє використовувати комбінований шнеко-пневматичний спосіб очищення свердловини від шламу, що підвищує ступінь збереження керну, а конструкція вузла підвіски і керноприймального вузла виключає можливість попадання робочого потоку повітря всередину колонкової труби і дозволяє не передавати на неї обертання від пристрою.
5. Розроблено програмне забезпечення, за допомогою якого проведено дослідження роботи шнекоколонкового пристрою в цілому, шляхом проведення проектувальних і перевірочних розрахунків

Бібліографічний список

1. Григорьев В. В. Бурение со съёмными керноприемниками / В. В. Григорьев. – М.: Недра, 1986. – 197 с.
2. Ребрик Б. М. Справочник по бурению инженерно-геологических скважин / Б. М. Ребрик. – М.: Недра, 1990. – 285 с.
3. Исаев М. И. Бурение скважин со съёмными керноприемниками / М. И. Исаев, В. П. Оницин. – Л.: Недра, 1975. – 165 с.

Надійшла до редакції 26.10.2012

И. А. Юшков, Е. С. Глущенко

ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет», Донецк, Украина

Разработка бурового устройства со съёмным керноприемником для бурения инженерно-геологических скважин

Статья посвящена проблеме повышения качества отбора образцов ненарушенного грунта при бурении инженерно-геологических скважин и созданию усовершенствованных технических средств для отбора проб при изысканиях. Существующие средства отбора монолитов грунта обладают рядом недостатков, наиболее существенными из которых является применение системы подпружиненных фиксаторов керноприемника, отсутствие керноудерживающих устройств и необходимость некоторого вертикального перемещения бурового снаряда при срыве керна. Для повышения качества отбираемых образцов и повышения производительности буровых работ была предложена и разработана конструктивная схема шнекоколонкового бурового снаряда, включающая сплошную по диаметру бурильную трубу с наружной шнековой навивкой и съёмный керноприемник с невращающейся грунтоносной трубой. Керноприемник раскрепляется в посадочном узле с помощью принципиально новой схемы с выдвижными боковыми фиксаторами – пальцами, перемещаемыми в плоскости, перпендикулярной оси бурового снаряда. Для автоматизации выполнения проектировочных и проверочных работ при конструировании шнекоколонкового бурового снаряда были разработаны расчетные программы на ПЭВМ. Применение программ расчета позволит определить как конструктивные параметры, так и технологические режимы бурения. Программы рассчитаны на возможность проектирования для различных исходных параметров. Разработана конструкция и технология применения шнекоколонкового бурового снаряда со съёмной невращающейся грунтоносной трубой, рассчитанной на применение шнеко-пневматической системы очистки от шлама. Для разработанного бурового снаряда спроектирована твердосплавная коронка ребристого типа диаметром 171,4 мм.

Ключевые слова: ненарушенный грунт, грунтонос, шнекоколонковый снаряд, керноприемник, фиксатор.

I. Yushkov, Ye. Gluschenko

Donetsk National Technical University, Donetsk, Ukraine

Development of a Drilling Tool with a Removable Core-Sampler for Engineering-Geological Drilling

The article is devoted to the problem of increasing the quality of sampling from undisturbed soil when drilling engineering-geological wells and to developing improved tools for taking samples. Existing methods of taking samples from soil monoliths have some disadvantages, such as the use of the system of spring-loaded core-receiver locks, the absence of core-sample fasteners and the necessity of a certain vertical movement of the drilling tool when the core breaks. To improve the quality of sampling and increase the efficiency of drilling we suggest a design map of a drilling line, which includes a drill pipe with an outer screw winding and a removable core-sample cassette with a non-rotating sampler pipe.

Keywords: intact soil, sampler, core-sample cassette, lock.