УДК 626.82

Христюк А. О., ст. викладач, Маланчук Є. З., д.т.н., професор
(Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

РЕЗУЛЬТАТИ НАТУРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ АВТОМАТИЗОВАНОГО ТЕЛЕВІЗІЙНОГО КОМПЛЕКСУ СВЕРДЛОВИННОГО ГІДРОВИДОБУТКУ НА РОЗСИПНИХ РОДОВИЩАХ

Наведені результати натурних досліджень автоматизованого телевізійного комплексу для документації та визначення кількості корисної копалини, добутої методом свердловинної гідротехнології.
***Ключові слова*: натурні дослідження, автоматизований телевізійний комплекс, гідравлічні випробування, процес керування.**

Вступ. Синтез оптимальних економічно обґрунтованих технічних і технологічних рішень знайшов віддзеркалення в розробці, створенні, освоєнні і промисловому впровадженні комплексу геотехнологічного випробовування КГТО-50.

Аналіз останніх досліджень. Питання автоматизації процесу свердловинного гідровидобутку на сьогоднішній день розроблено недостатньо і потребує подальших досліджень [1-3].

Розроблений в Росії агрегат свердловинного гідравлічного випробовування АСГО-50 складається з бурової установки УРБ-2А2, оснащеної елеватором, модифікованим обертовим пристроєм і системою управління виконавчого органу (гідромоторного та гідроелеваторного вузлів, а також концентрично розташованих колон труб діаметрами 127 мм і 89 мм). Призначення АСГО-50 – розмив корисної копалини в межах заданих контурів видобувної камери і видача гідросуміші на поверхню для збагачення;

- вузол попереднього збагачення, що складається з агрегату дезінтеграції і класифікації АДИК і віброгрохота ГИЛ-32 для обезводнення концентрату;
- насосно-силовий блок, в якості якого використаний цементувальний агрегат ЦА-320 з насосом 9Т;
- замкнуту систему водопостачання, що складається з двох ємкостей місткістю по 50 м^3 кожна;
- свердловинний телевізійний комплекс (СТК) для документації видобувних камер в повітряному середовищі;

- контрольно-вимірювальні прилади (витратоміри 4РИМ з самописцями, перетворювачі тиску МП з самописцями, манометри, вакуумметри).

Інтервал випробування від 10 до 120 м. Технологічна свердловина в межах четвертинних відкладень і цілику обсаджується трубами діаметром 160 мм з подальшою цементацією затрубного простору. Діаметр свердловини в інтервалі відбору проб складає 132 мм, виходячи з конструктивних особливостей виконавчого органу.

Методика досліджень. На рисунку представлена схема комплексу геотехнологічного випробовування КГТО-50. Складовими елементами комплексу, що забезпечують його працездатність, є: агрегат свердловинного гідравлічного випробування АСГО-50, що складається з виконавчого органу 1 і базової машини 2 (бурової установки УРБ-2А2 з модифікованим обертачем), насосно-силовий блок 3 (насос 9Т на базі автомобіля КРАЗ-257), ємкість для води 4, ємкість-відстійник 5, збагачувальний вузол, що складається з агрегату дезінтеграції класифікації (АДІК) 6 і зневоднюючого грохота ГИЛ-32 (7), системи трубопроводів 8, 9, 10, 11, контрольно-вимірювальна апаратура 12, 13, 14, 15, 16 (витратоміри 4РИМ, перетворювачі тиску МП, манометри, вакуумметри), запірна арматура 17, 18, 19 свердловинний телевізійний комплекс (СТК) (на малюнку не показаний).

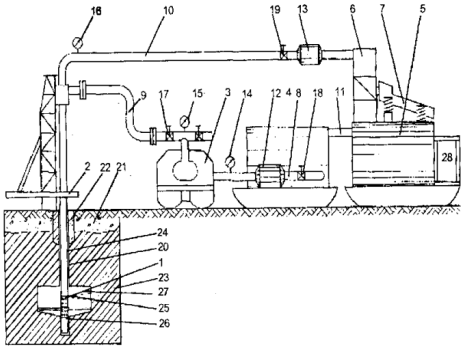

Рисунок. Схема автоматизованого свердловинного телевізійного комплексу геотехнологічного випробування КГТО-50:
1 – виконавчий орган АСГО-50; 2 – базова машина УРБ-2А2;
3 – насосно-силовий блок; 4 – ємкість для води; 5 – ємкість-відстійник;
6 – агрегат дезінтеграції та класифікації; 7 – грохот ГИЛ-32; 8-11 – система трубопроводів; 12-16 – контрольно-вимірювальна апаратура;
17-19 – запірна арматура; 20 – свердловина; 21 – четвертинні відкладення;
22 – обсадна колона; 23 – туфобрекчія; 24 – колона труб;
25 – гідромонітор; 26 – гідроелеватор; 27 – видобувна камера;

28 – контейнер для надрешіткового продукта

Постановка завдання. В процесі відбору проби виконавчий орган 1 за допомогою базової машини 2 опускається в заздалегідь пробурену свердловину 20, яка в межах четвертинних відкладень 21 і цілика обсаджується колоною труб 22. Насосом 3 проводиться подача води з ємкості 4 під тиском 4,0-5,0 МПа через трубопровід 9 (гнучкий високонапірний рукав) і кільцеву порожнину колони труб 24 до гідромонітора 25 і насадки гідроелеватора 26 виконавчого органу 1.

Результати досліджень. Здійснюючи плоскопаралельний рух у вертикальному напрямі, високошвидкісним струменем, виконавчого органу розмивається брекчія 23 з утворенням видобувної камери 27. Отримана пульпа всмоктується гідроелеватором 26 і по центральному трубопроводу колони 22 через пульповивідний трубопровід 10 подається в АДІК, в якому частинки пульпи дезінтегруються з відділенням класу -0,1 мм в злив, що не містить корисної фази. Клас +0,1 мм поступає на зневоднюючий грохот 7, де розділяється на надрешітковий продукт +5 мм, який в контейнерах 28 відправляється на збагачувальну фабрику і підрешітковий продукт -0,5 мм, що не містить корисної фази, разом із зливом АДІКа, поступає в ємкість-відстійник 5 для осадження твердих частинок і частково глинистих фракцій. Освітлена вода через трубопровід 11 переливається в ємність 4 для повторного використання.

Насосно-силовий блок 3 забезпечує задані параметри по тиску (4,0-5,0 МПа) і витраті (57-80 м^3/год).

Контрольно-вимірювальна апаратура дозволяє здійснити контроль, регулювання і запис параметрів процесів випробовування. За допомогою витратомірів 4РИМ 12, 13 встановлених на всмоктуючому 8 і видачному 10 трубопроводах, проводиться вимірювання і передача до самописного приладу значень витрати води, що подається до виконавчого органу 1 і витрати пульпи, що отримується з камери 27. Перетворювачами тиску МП 15, 16 з межами вимірювань 0–10,0 МПа і 0–1,0 МПа вимірюються, відповідно, тиск на вході в АСГО і на виході з нього. Запис результатів проводиться самописцями КСУ-4. На основі отриманих даних, записаних на діаграмах, встановлюється баланс продуктивностей гідромонітора і гідроелеватора, коректуються діаметри насадок, режими роботи насосного блоку і базової машини.

Вузол гідромонітора показав надійну роботу в експлуатації. Випробувані насадки діаметром 7 і 8 мм. При діаметрі насадки гідромонітора 7 мм отримано кращі результати: сформовано достатньо ком-

пактний струмінь з довжиною початкової ділянки 1,5-2 м. Витратні характеристики насадки дозволили забезпечити баланс продуктивності гідромонітора по пульпі (14-16 м^3/год) і продуктивності гідроелеватора.

Гідроелеваторний вузол (вузол всмоктування і підйому гідросуміші) показав ефективну роботу в різних режимах експлуатації комплексу. В процесі випробовування відбувалося часткове обвалення покрівлі видобувних камер із завалом приймальних вікон гідроелеватора, про що свідчив «прихват» виконавчого органу. Реверс води протягом 0,5–1,0 хв дозволяв провести у вказаних екстремальних умовах ефективну промивку приймальних вікон із забезпеченням їх початкової пропускної спроможності. Отримане при стендових випробуваннях значення вихідного діаметру робочої насадки гідроелеватора 12,6 мм було скореговано до 13 мм, що забезпечило задану висоту підйому гідросуміші (45-75 м), продуктивність по пульпі (14-16 м^3/год) і швидкість всмоктування. У процесі випробувань відбувся прорив у видобувну камеру ґрунтових вод з водопритоком 30-40 м^3/год, внаслідок чого рівень гідросуміші в свердловині піднявся до відмітки 8 м від земної поверхні, затопивши струмені гідромонітора і гідроелеватора. Ефективність розмиву при цьому різко знизилася, при цьому значно покращилась робота гідроелеватора – різко збільшилася продуктивність і висота підйому гідросуміші. Результати проведених натурних досліджень роботи гідроелеватора з підпором дозволили рекомендувати схему в затопленому вибої до глибини 120 м.

Колона 24, що включає два концентрично розташованих стави труб (водоподаючого і пульповидатного), дозволила здійснити подачу води під тиском до 6,0 МПа до насадок гідромонітора і гідроелеватора, видачу пульпи на поверхню і передачу обертового моменту базової машини до виконавчого органу і шарошечного долота.

В процесі випробовування КГТО-50 випробувані системи двох класів – з відкритим очисним простором і магазинуванням корисної копалини в очисному просторі.

При використанні системи з відкритим очисним простором проводився пошаровий розмив брекчії в напрямі зверху вниз, а в межах кожного окремого шару послідовними горизонтальними заходками від низу до верху із залишенням між суміжними шарами ціликів з матеріалу днища камер. Потужність шару встановлена 0,57 м за розміром вільного ходу телескопа виконавчого органу. Горизонтальні заходки приймалися потужністю 0,02; 0,05; 0,08; 0,10; 0,20 м. Швид-

кості обертання гідромонітора і час розмиву кожної окремої заходки змінилися в межах 9-20 об/хв і 1-5 хв відповідно. Для утворення похилого днища видобувної камери час розмиву заходок в межах кожного шару у міру підйому гідромонітора збільшувався з інтервалом в 1 хвилину. Максимальна ефективність розмиву досягнута при швидкості обертання гідромонітора 9-10 об/хв і потужності заходки 0,05 м. Середня продуктивність по твердій фазі склала 2 т/год, при цьому розмив проводився струменем гідромонітора в повітряному середовищі.

Перехід до систем з магазинуванням обумовлений проривом ґрунтових вод четвертинних відкладень у видобувну камеру і схильністю туфобрекчій до довільної дезінтеграції в статичних умовах. Після розділення інтервалу на шари потужністю 0,57 м проводився пошаровий розмив по напряму від низу до верху, причому матеріал, отриманий в процесі розмиву, принаймні одного шару, розміщувався в донній частині видобувної камери і піддавався вистоюванню під шаром води протягом 12-15 годин. Видача гідросуміші на поверхню здійснювалася після вистоювання шляхом пошарового змиву матеріалу, розміщеного в донній частині видобувної камери до приймальних вікон гідроелеватора. Середня продуктивність комплексу по твердій фазі склала 1,3 т/год. Перевагою систем з магазинуванням є можливість значного зменшення розмірів запобіжного цілика, а отже, збільшення об'єму проби, недоліками – обмежена область застосування і порівняно низька продуктивність.

Агрегат свердловинного гідравлічного випробування АГСО-50 розроблений на базі бурової установки УРБ-2А2. Основними модифікованими вузлами АСГО-50 є обертовий механізм і елеватор.

Обертовий механізм передає обертовий момент від гідродвигуна через елеватор на колону труб і пропускає через свій порожнистий вихідний вал пульпу. Основна відмінність розробленої конструкції обертового механізму-редуктора базової бурової установки УРБ-2А2 полягає в тому, що в ньому в 1,56 рази збільшено момент на вихідному порожнистому обертовому валу його діаметр до 100 мм.

Елеватор виконує декілька функцій: є сполучною ланкою для передачі обертового моменту від обертового механізму до колони труб, подає воду під тиском до 6 МПа на колону труб, що обертається, і пропускає пульпу під тиском до 2 МПа. З його допомогою проводиться нарощування і спуск двох концентрично-розташованих труб 89 мм і 127 мм в свердловину і їх підйом.

В рамках натурних досліджень комплексу КГТО-50 перевірена роботоздатність дослідного зразка свердловинного телевізійного комплексу СТК для документації видобувних камер.

Дослідний зразок свердловинного телевізійного комплексу СТК складається з двох основних частин: свердловинного снаряда і наземного комплексу апаратури [1]. У комплект зразка входить допоміжне обладнання, що містить несучі штанги, лінію зв'язку і свердловинний снаряд.

Свердловинний снаряд виконаний у вигляді циліндричного корпусу з оглядовими ілюмінаторами, в якому розміщуються встановлені на металевому шасі телевізійна камера, похилі дзеркала, об'єктив, освітлювач, джерело світлового променя, лінза. Похиле дзеркало і об'єктив складають проекційну систему свердловинного снаряда, а освітлювач, джерело світлового променя, лінза і похиле дзеркало – освітлювальну систему.

Наземний комплекс складається з блоку камерного телевізійного (БКТ) вимірника, відеоконтрольного пристрою (ВКП) і пульта управління.

Після розміщення снаряда в свердловині через ілюмінатор освітлювальної системи освітлюють стінки видобувної камери, а проекційною системою будується на мішені передавальної трубки її оптичне зображення, яке перетворюється у відеосигнал і передається по телевізійному кабелю зв'язку в блок БКТ наземного комплексу.

У БКТ проводиться його корекція, необхідне підсилення і формується повний телевізійний сигнал, що передається лінією зв'язку на вхід вимірюючого пристрою для виділення серії імпульсів. На екрані ВКП відтворюється зображення стінки видобувної камери.

Робота свердловинного телевізійного комплексу в режимі вимірювання полягає в зчитуванні із стінки видобувної камери проекції горизонтального світлового променя, передачі по телевізійному каналу на екран ВКП і визначенні за допомогою вимірюючого пристрою суми рядків від верхньої межі екрана до зображення проекції променя, яка служить масштабним відображенням відстані до стінки камери.

Свердловинний снаряд опускається на заданий інтервал за допомогою штангового ставу, вздовж якого розташовується лінія зв'язку. Обертання свердловинного снаряда проводиться вручну, при цьому виміри проводяться через кутовий інтервал 16°, що дозволяє отримувати достовірну картину, що відповідає вимогам, прийнятим в практиці документації підземних порожнин [2-3]. Отримана інформа-

ція реєструється на екрані відеоконтрольного пристрою з отриманням відстані від осі свердловинного снаряда до стінки видобувної камери. Одночасно проводяться візуальні спостереження отримуваного на екрані ВКП зображення, що дозволяє істотно розширити пізнання геологічного об'єкту. Отримані зображення документуються за допомогою фотоапарата і відеокамери.

Точність випробовування визначається технічною похибкою проби

$$\Delta = C - Ci, \quad (1)$$

де C – дійсний вміст корисного компоненту у випробуваному об'ємі; Ci – вміст корисного компоненту в пробі.

Висновки. Дослідженнями автоматичного телевізійного комплексу свердловинного гідровидобутку підтверджені технологічні та технічні параметри його застосування для перевірки повноти виїмки корисної копалини з виймальної камери на розсипних родовищах.

1. А.С. №1249288, Б.И. № 26. Устройство для определения диаметра и профиля подземных камер / Черней Э. И. – 1986. **2.** Тараканов Р. А. Геологическая документация горных выработок / Тараканов Р. А., Шустерман А. С. – М. : Недра, 1984. **3.** Маланчук З. Р. Научные основы скваженной гидротехнологии. – Рівне : РДТУ, 2002.

Рецензент: д.т.н., професор Маланчук З. Р. (НУВГП)

Khrystiuk A. O., Senior Lecturer, Malanchuk Y. Z., Doctor of Engineering, Professor (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne, e-mail: a.khrystyuk@gmail.com)

FIELD STUDIES RESULTS OF AUTOMATED TV COMPLEX OF HYDRAULIC BOREHOLE MINING ON ALLUVIAL DEPOSITS

The results of the field studies of automated multimedia systems for the documentation and determine the quantity of the extracted mineral by the method of borehole hydro technology are presented in the article.
***Keywords*: field surveys, automated complex, hydraulic testing, process control.**

Христюк А. А., ст. преподаватель, Маланчук Е. З., д.т.н., профессор (Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно)

РЕЗУЛЬТАТЫ НАТУРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ТЕЛЕВИЗИОННОГО КОМПЛЕКСА СКВАЖИННОЙ ГИДРОДОБЫЧИ НА РОССЫПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ

Приведены результаты натурных исследований автоматизированного телевизионного комплекса для документации и определения количества добытого полезного ископаемого методом скважинной гидротехнологии.
***Ключевые слова*: натурные исследования, автоматизированный телевизионный комплекс, гидравлические испытания, процесс управления.**