

ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА ПРИСТРОЮ ЗРОШУВАННЯ ВАПНЯКОВОЇ СУСПЕНЗІЇ КОНСОЛЬНОГО ВІДВАЛОУТВОРЮВАЧА ВКР 8000/100

*І.І. Чоботько, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Україна
С.В. Тинина, Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України, Україна*

Визначення технологічної схеми пристрою зрошування породи вапняковою суспензією при формуванні породного відвалу для запобігання осередків самозаймання з подальшою рекультивацією. Запропоновано технологічну схему пристрою зрошування вапняковою суспензією, який встановлюється на консольний відвалоутворювач з подальшим розпиленням за допомогою форсунок безпосередньо на породу, яка транспортується конвеєром до місця розвантаження

Для досягнення поставленої мети в роботі виконано лабораторне експериментальне дослідження впливу 3-5% вапнякової суспензії на породу, розміри фракцій якої становлять 25, 50 та 75 мм, за допомогою всмоктуючого та нагнітаючого трубопроводу та відцентрового секційного насосу, номінальна подача 60 м³/год.; напір 66 м. Пристрій можна встановлювати на консольний відвалоутворювач з крокуючо-рельсовим ходовим обладнанням. Нагнітаючий Трубопровід у місці з'єднання з насосом оснащений гнучкою поворотною муфтою, яка дозволяє обертатися навколо осі на 360⁰ та регулювати висоту 1-1,5 м.

Процеси видобутку вугілля негативно впливають на навколишнє середовище. Це проявляється у забрудненні водневих джерел, повітря, ґрунтів, твердими, рідкими, пилогазоподібними відходами у кількості, яка перевищує ГДК.

Палаючі породні відвали щорічно виділяють у атмосферу понад 500 тис. т шкідливих речовин.

В Україні налічується 1500 породних відвалів. Займана площа відвалів становить близько 165 тис. га (4% території України).

Не вирішені питання безпечної й технологічно грамотної організації робіт з гасіння, формування, розборки породних відвалів, не виявлені технічні заходи на забезпечення екологічної безпеки у відповідності з Законом України «Про охорону навколишнього середовища».

До недавнього часу питанням теорії та практики відвалоутворення не приділялося належної уваги, хоча відвальні роботи складають значну частину всього комплексу гірничих робіт.

З ростом видобутку корисних копалин обсяги відвальних робіт за видами механізації укладання породи у відвал будуть збільшуватися, що призведе до проблем горіння та боротьби з ним.

Породні відвали містять значну кількість корисних копалин, в складі яких міститься пірит і сірчастий ангідрит. Разом ці два компоненти викликають серйозні проблеми у вигляді осередків самозаймання при проникненні вологи і підвищеної температури навколишнього середовища. Тому настільки важливий контроль нормалізації температурного стану відвалів для боротьби з горінням і безпеки експлуатаційних робіт.

У табл. 1 наведено кількість шкідливих речовин, що виділяються з породного відвалу в залежності від температури породи на поверхні [1].

Як показують багаторічні дослідження, явище горіння та самозаймання породних відвалів тісно пов'язане з утворенням у гірничих породах сірчатокислотних порових розчинів, які спричиняють виникнення кислих шахтних вод у відвалах. Ці природні явища виникають за умов, якщо у видобутій породі є вміст піриту та сірчастого ангідриту, які піддаються в умовах незначної вологи процесам термічного характеру.

З практики відомо, що найбільш схильними до самозаймання є породи, які відносяться до відходів вуглезбагачення. Згідно з дослідницькими даними, середні викиди шкідливих речовин (SO₂, CO, NO₂, H₂S) зі збагачувальних фабрик становлять 5364,6 та 3657,5 т/рік.

Таблиця 1

Кількість шкідливих речовин, що виділяються в залежності від температури поверхні відвалу

Температура порід на поверхні відвала, °С	Кількість шкідливих речовин, що виділяються, мг/(м ² ·с)				
	Оксид вуглецю	Діоксид вуглецю	Сірчастий ангідрид	Сірководень	Оксид азоту
30	22,80	254,03	5,50	0,35	—
80	33,56	358,73	7,23	1,50	—
130	44,33	448,53	10,25	5,30	0,630
180	55,21	523,42	13,67	9,00	0,645
230	63,15	584,12	16,43	11,26	0,667
280	77,68	628,13	19,12	15,12	0,680
300	81,10	648,44	20,25	14,19	0,691
350	93,12	667,24	22,00	8,90	0,700
400	103,85	680,90	25,56	5,20	0,725
450	115,56	672,25	28,43	2,40	0,751
500	128,53	658,85	32,15	0,40	0,763

Основними процесами самозаймання вугілля у відвалах є наявність горючих матеріалів, надходження достатньої кількості повітря для окису піриту й акумуляцію тепла, яке забезпечує самозаймання вугілля. Відомо, що при формуванні породних відвалів значну частину горючих матеріалів складає не тільки чисте вугілля у вигляді крупних кусків, але й вугільні сланці, аргіліти, лісоматеріали (дерев'яні кріплення, шпали, плахи, затяжки). Породи відвалів вміщують значну кількість вугілля, так у відвальній масі вугілля розміром +26 мм знаходиться від 1,5 до 13,8 %, а розміром — 26+0 мм — 30,1 — 39,5 %. Вміст горючих матеріалів у відвалах складає у середньому понад 60 % [2].

Дослідження відвальної маси 925 діючих відвалів шахт показує, що 15,3 % породи відвалів містять понад 8 % сірки; 23,2 % відвалів – 2 – 8 %; 21,5 % відвалів – 2,3 – 6 % та 18,2 % відвалів менше 0,2 % сірки.

Фактори, які впливають на ступінь схильності вугілля до самозаймання. Вугілля, яке знаходиться у відвальній масі, має усі умови до самозаймання. Інтенсивність або схильність самозаймання різна та залежить від ступені метаморфізму й подрібнення вугілля, його вологості й температури навколишнього середовища, тривалості часу зберігання породної маси у відвалі.

Фактори, які впливають на надходження повітря всередину відвалу для окису горючого матеріалу. Надходження повітря всередину відвалу обумовлено багатьма факторами, зокрема структурою відвалу, гранулометричним складом відвальної маси, щільністю, висотою відвалу, напрямком вітрів, атмосферними опадами, сезонними коливаннями

температури зовнішнього повітря, деформацією та усадкою часток породи безпосередньо на самому відвалі.

Фактори, які визначають акумуляцію тепла окису породи. До цих факторів відносять схильність вугілля до самозаймання, гранулометричний склад порід відвалу, щільність, об'єм й висота самого відвалу, теплопровідність порід, нагрівання відвалу сонячними променями, дія вітру.

Для досягнення безпечної експлуатації породних відвалів було проведено безліч заходів гасіння для запобігання від горіння та самозаймання, зокрема слід приділити увагу видатним вченим Зборщику М.П. та Осокіну В.В., які запатентували унікальні способи та пристрої для запобігання горінню породних відвалів.

Один з таких пристроїв застосовують й досі. Робота цього пристрою полягає у гасінні породного відвалу 3-5 % вапняковою суспензією за допомогою забивних сталевих перфорованих труб (ін'єкторів), довжина ін'єктора становить 1,2-1,5 м й діаметр 38-50 мм в пристрій входять дві системи: нагнітаюча – для обробки породи вапняковою суспензією й всмоктуюча – для вакууміювання відвалу. Нагнітальна система складається зі змішуючої ємності об'ємом 200 м³ для приготування вапнякової суспензії поблизу основи відвалу, насос ВНС-60, який подає під тиском суспензію зі змішуючої ємності до місця гасіння породи.

Всмоктуюча система включає вакуум-насос РВН-50 для вакууміювання встановлений поблизу змішуючої ємності, всмоктуючий патрубок довжиною 4-6 м й діаметром 0,1 м.

Ін'єктори забивають на глибину 0,8-1,2 м на відстані 2-3 м один від одного, породу породного відвалу обробляють знизу доверху, при цьому переміщення ін'єкторів здійснюється теж знизу доверху та здійснюється нарощування захисного слою з погашеної породи.

В роботі виконано лабораторне експериментальне дослідження впливу 3-5% вапнякової суспензії на породу, розміри фракцій якої становлять 25, 50 та 75 мм, за допомогою всмоктуючого та нагнітаючого трубопроводу та відцентрового секційного насосу, номінальна подача 60 м³/год.; напір 66 м.

Пристрій можна встановлювати на консольний відвалоутворювач з крокуючо-рельсовим ходовим обладнанням. Нагнітаючий трубопровід у місці з'єднання з насосом оснащений гнучкою поворотною муфтою, яка дозволяє обертатися навколо осі на 360⁰ та регулювати висоту 1-1,5 м.

Мета дослідження – впровадження технологічної схеми пристрою зрошування вапнякової суспензії при формуванні породного відвалу безпечно до горіння та самозаймання консольним відвалоутворювачем з крокуючо-рельсовим ходовим обладнанням ВКР 8000/100.

Відомо, що при утворенні породних відвалів постає питання безпечної їх експлуатації, цією проблемою займалися видатні вчені Зборщик М.П. та Осокін В.В. У своїх наукових працях вчені запропонували безліч технологічних схем гасіння породних відвалів за допомогою гашеного вапна [3].

Це в свою чергу викликало безліч проблем, пов'язаних з технологією гасіння порід відвалів за умови знання причин самонагрівання й займання, фізико-хімічної основи багатоступеневого процесу горіння, при якому відбувається неперервне підвищення температури в осередку займання, як показують багаторічні дослідження, температура осередку коливається у межах від 30⁰ до 1200⁰С.

При формуванні породного відвалу консольним відвалоутворювачем (рис. 1) транспортування кусків породи розмірами (25, 50 та 75 мм) здійснюється за допомогою розвантажуючого конвеєра, встановленого на стрілі вилету відвалоутворювача 1.

Довжина стріли становить $L_1 = 35$ м, висота сформованих відвалів становить $H_0 = 40-45$ м переміщення відвалоутворювача здійснюється крокуючи-рельсовим ходовим обладнанням, завантаження починається з приймальної консолі 2 з приймальним бункером та корпусом 3, в котрому розміщуються приводи конвеєру й виробничі приміщення. Корпус має матову конструкцію 4, до якої підвішена за допомогою канатів стріла від , при цьому кут нахилу стріли приймається γ (18-20⁰). Технічні характеристики відвалоутворювача наведені в табл. 2.

Таблиця 2

Технічні характеристики консольного відвалоутворювача ВКР 8000/100

Параметри	
Продуктивність, м ³ /год	8000
Радіус розвантаження, м	100
Висота розвантаження, м	35,5
Довжина приймальної консолі, м	35
Загальна довжина відвалоутворювача, м	149
Ширина стрічки конвеєра, мм	2000
Максимально допустимий уклон траси:	
- при роботі	3 ⁰
- при прегоні	5 ⁰
Середній тиск на ґрунт, Н/см ²	10
Швидкість переміщення (транспортна), м/год	90
Швидкість повороту машини (повноповоротна), об/хв	0,04
Підвідна напруга, кВт	6

На рис.1 зображено зрошувальний пристрій зі всмоктуючим та нагнітаючим трубопроводами, діаметр яких становить 100 мм (всмоктуючий); 50-55 мм (нагнітаючий). Пристрій працює від насоса ВНС 60-66 (відцентровий насос секційний; номінальна подача - 60 м³/год; напір - 66 м). Технічна характеристика насосу приведена в табл. 3.

Таблиця 3

Технічні характеристики насосу ВНС 60-66

Позначення насосу	Подача, м ³ /ч (м ³ /с)	Напір, м	Допустимий кавітаційний запас, м,	Споживана потужність, кВт	Частота обертання, об/хв	Маса, кг
ВНС 60-66	60 (0.01667)	66	4.5	16.6	2950	135

Об'єм резервуару з вапняковою суспензією поблизу основи відвалу 200 м³. Гасіння транспортуючої породної маси здійснюється зрошуванням 3-5% вапняковою суспензією, до змішуючого резервуару з технічною водою додають гашене вапно з розрахунку 30-50 кг на 1 м³ води. Далі за допомогою відцентрового секційного насосу готова вапнякова суспензія подається через всмоктуючий трубопровід до нагнітаючого трубопроводу, на якому розташовані розпилюючі форсунки, породні фракції під час просування по конвеєрній

стрічці ретельно обробляються розчином, який проникає в пористу структуру породи та ізолює попадання вологи та хімічної реакції, що в свою чергу дозволяє формувати породні відвали безпечні до samozаймання з подальшою їх рекультивацією.

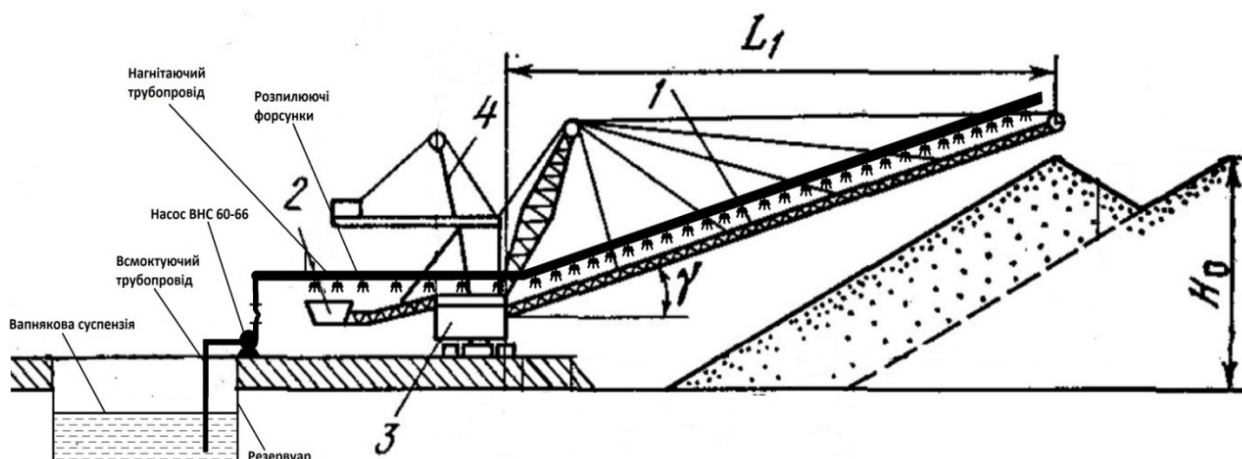


Рис. 1. Технологічна схема пристрою зрошування вапнякової суспензії консольного відвалоутворювача ВКР 8000/100

Представлені у статті результати свідчать, що причиною виникнення небезпечних й шкідливих геохімічних проявів у породних відвалах є окислювальні термічні реакції піриту з іншими породами, які є у складі відвалу. В залежності від умов взаємодії цих термічних процесів можливе samozаймання гірничих порід, яке призводить до займання парів сірки або утворення сіркокислотних зон.

Процеси samozаймання й горіння гірничих порід супроводжуються виділенням і перетворенням сірки, яка являється основним з палаючих елементів.

Фундаментальні дослідження були проведені професорами Зборщиком М.П. та Осокінім В.В., вони досліджували механізм і встановлені причини samozаймання піритовмістовних гірських порід і викидів відвальних порід. Показана можливість створення небезпечних ситуацій для здоров'я людей, так як при горінні порід можливо утворення сполук миш'яку, ціанідів, тиоціанатів, ціанводорода і інших речовин.

Також були запропоновані способи і технології запобігання самонагрівання гірських порід і гасіння породних відвалів за допомогою нагнітання вапнякової суспензії до місця горіння. Даний спосіб і пристрій для його здійснення ефективно використовувалися на декількох Донецьких шахтах для гасіння як плоских, так і конічних породних відвалів.

Однак не слід допускати можливості зрошування суспензією сіркокислотних порід відвалів, які утворюються при тривалому самонагріванні відвальних порід, тому що вода, що є їх основою, здатна практично миттєво взаємодіяти з H_2SO_4 або SO_3 з виділенням великої кількості теплоти, що може призвести до інтенсивного пароутворення, підвищення тиску в міжкусковому просторі й викиду породи [4].

Результати експериментальних спостерегань гірничопромислових районів виявили, що хімічно активні водорозчинні сполуки, які утворюються при фільтрації атмосферних опадів через тіло відвалу накопичуються біля його основи у вигляді глинистої непроникної мульди у період інтенсивних атмосферних опадів попадають у навколишні ґрунти, які оточують відвал.

Обчислювальні експерименти показали, що міграція токсичних компонентів рідких стоків з поверхні відвалу призводить до інтенсивного забруднення ґрунту і підстилаючих порід. При цьому профіль концентрації має хвилеподібний характер з точкою максимуму, обумовленої в даний момент часу в конкретній точці розглянутого простору та рівністю швидкостей процесів конвективно-дифузійного переносу і сорбції.

Представлена технологічна схема гасіння породного відвалу на основі 3-5 % вапнякової суспензією $\text{Ca}(\text{OH})_2$ у процесі формування дає змогу обробляти значну кількість породи, яка транспортується конвеєром за допомогою форсунок зрошування до місця вивантаження. Метою пристрою є підвищення ефективності гасіння та створення родючого шару на породних відвалах.

Також пристрій обладнаний гнучкими з'єднаннями трубопроводів, що дозволяє обертатися навколо осі на 360° та підійматися на висоту 1-1,5 м. Усі елементи системи гідравлічно пов'язані один між одним: всмоктуючий трубопровід занурений до ємності з суспензією та з'єднаний з насосом, котрий передає речовину до нагнітаючого трубопроводу. Діаметр форсунок становить 25 мм, їх кількість на нагнітаючому трубопроводі 20 шт. відстані між форсунками 1 м.

Зрошування слід проводити по всій довжині транспортуючої породи. Розпилюючи форсунки повинні бути розташовані таким чином щоб кульки змочувалися суспензією по всій поверхні. Вапнякова суспензія взаємодіє з продуктами окислення палаючих речовин з подальшим утворенням карбонату кальцію, сульфату та сульфату кальцію. Це дозволяє заповнити пористу структуру породи та запобігти нагріванню породної маси [5].

Спосіб гасіння породних відвалів таким методом раніше ніде не застосовувався, він дозволяє ефективно підвищувати пожежну безпеку породного відвалу на ранньому етапі його формування тим самим роблячи експлуатацію відвалу безпечною.

Таким чином проведений аналіз процесів термічної взаємодії стану породних відвалів в результаті якого виявлено вплив окису піриту на формування осередків горіння та утворення сірчано-кислотних зон.

Обрана типова технологічна схема способу гасіння відвалів на основі робіт Зборщика М.П. та Осокіна В.В., проведений розрахунок пропорції змішування вапнякової суспензії. Доведено ефективність схеми пристрою гасіння зокрема його швидкість зрошування транспортуючої породи конвеєром.

Встановлена залежність діаметрів та довжина всмоктуючого та нагнітаючого трубопроводів, форсунок розпилення, а також робота відцентрового секційного насоса на продуктивність пристрою.

Список літератури

1. Chobotko I.I., Tynyna S.V. Methods and means of localization of foci of self-ignition of specific dumps. «Innovative development of resource-saving technologies of mineral mining and processing». International scientific and technical internet conference. Section «labot safety». (Petrosani, Romania. 14.12. 2018). P. 147-149.

<http://www.knu.edu.ua/konferencii/mzhnarodna-naukovo-tehnchna-nternet-konferencya-nnovacyniy-rozvitok-resursozbergayuchih-tehnology-vidobutku-ta-pererobki-korisnih-kopalin>

2. Чоботько І.І., Тинина С.В. Проблеми експлуатації та методи запобігання загоранню породних відвалів. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. 2017 р. Т. 44. С. 146-151.

<http://mtsc.khpi.edu.ua/article/view/125029>

3. Зборщик М.П., Осокін В.В. Природа самовозгорання и тушення отвальных пород угольных месторождений. Уголь Украины. 2015 г. № 3-4. С. 76-78.

http://nbuv.gov.ua/UJRN/ugukr_2015_3-4_18

4. Зубова Л.Г. Породы отвалов угледобычи как сырье для металлургии. Уголь Украины. 2016 г. № 11-12. С. 45-53.

http://nbuv.gov.ua/j-pdf/ugukr_2016_11-12_9.pdf

5. Зубов А.Р., Зубов А.А. Экспертная система оценки породных отвалов угольных шахт как структурных элементов экологических сетей. Уголь Украины. 2016 г. № 1. С. 31-37.

http://nbuv.gov.ua/UJRN/ugukr_2016_2_7