

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ»

Лутс Ігор Олегович

УДК 622.81:622.647.21

**ЗНИЖЕННЯ ЗАПИЛЕНОСТІ ПОВІТРЯ ПРИ ВИРОБНИЧИХ
ПРОЦЕСАХ В ГІРНИЧИХ ВИРОБКАХ МАРГАНЦЕВИХ ШАХТ**

Спеціальність 05.26.01 – Охорона праці

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Дніпропетровськ - 2016

Дисертація є рукописом.

Робота виконана на кафедрі аерології та охорони праці Державного вищого навчального закладу «Національний гірничий університет» Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
ГОЛІНЬКО Василь Іванович,
завідувач кафедри аерології та охорони праці
Державного вищого навчального закладу
«Національний гірничий університет» Міністерства
освіти і науки України, (м. Дніпропетровськ).

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, старший науковий співробітник
БУНЬКО Тетяна Вікторівна,
старший науковий співробітник відділу проблем
розробки родовищ на великих глибинах Інституту
геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова
НАН України (м. Дніпропетровськ);

кандидат технічних наук, доцент
Шаповалов Віктор Анатолійович,
доцент кафедри рудникової аерології та охорони праці
Державного вищого навчального закладу “Криворізький
національний університет” Міністерства освіти і науки
України (м. Кривий Ріг).

Захист дисертації відбудеться «__» _____ 2016 р. о __ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.080.07 при Державному вищому навчальному закладі «Національний гірничий університет» Міністерства освіти і науки України за адресою: 49005, м. Дніпропетровськ, просп. К.Маркса, 19.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Державного вищого навчального закладу «Національний гірничий університет» Міністерства освіти і науки України за адресою: 49005, м. Дніпропетровськ, просп. К.Маркса, 19.

Автореферат розісланий « __ » _____ 2016 р.

Вчений секретар спеціалізованої
вченої ради Д 08.080.07,
к.т.н., доцент

О.В. Остапчук

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Основним шкідливим виробничим чинником при технологічних процесах з видобутку марганцевої руди є пил, який має токсичні і фіброгенні властивості і може викликати захворювання у гірників.

Характер пилоутворення і його джерела при виконанні основних технологічних процесів при видобутку і транспортуванні руди зазнали значних змін. Раніше руйнування гірського масиву проводилося комбайнами з лопастним відбійно-навантажувальним органом з крупним сколом. В даний час, при відбої шнековим відбійним органом, руда подрібнюється набагато більше і витаючих у повітрі дрібнодисперсних частинок утворюється значно більше. У зв'язку зі збільшенням продуктивності комбайнів, інтенсивність пилоутворення в очисному вибої значно збільшилась.

Крім того, на шахтах впроваджена повна конвеєризація з доставки руди від вибою до поверхні. Наявність в марганцевих рудах значної кількості глинистих з'єднань, вміст яких становить близько 50% з вологістю майже 47%, сприяє інтенсивному налипанню його на конвеєрну стрічку. При подальшому їх висиханні і динамічному руйнуванні, виникає явище підйому і виносу дрібнодисперсних частинок потоком повітря і потрапляння більш великих фракцій в підконвеєрний простір. Ці процеси обумовлюють значну концентрацію дрібнодисперсного пилу в конвеєрних виробках, яка перевищує ГДК у 4-5 разів.

Вивченню явищ, пов'язаних з процесами утворення та розповсюдження пилу, що протікають в гірничих виробках марганцевих шахт, присвячена значна кількість досліджень. Однак при розрахунку концентрації та визначенні дисперсного складу рудникових аерозолів при поширенні їх по гірничих виробках, процеси гравітаційного і інерційного осадження частинок пилу при роботі конвеєра враховуються не повністю, що обумовлює необхідність вивчення характеру утворення пилу в конвеєрних виробках. Крім того, відсутні ефективні способи та технічні засоби зниження інтенсивності пилоутворення в ізольованій частині гірничої виробки – підконвеєрному просторі.

У зв'язку з викладеним, наукова задача дисертаційної роботи полягає у встановленні закономірностей процесів утворення і розповсюдження пилу при виконанні основних технологічних операцій з видобутку марганцевої руди та розробці на їх основі способів і засобів, спрямованих на зниження надходження пилу в конвеєрні виробки на перевантажувальних пунктах, за довжиною конвеєра, а також в тупикових вибоях при руйнуванні гірського масиву комбайном.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дослідження за темою дисертації виконані відповідно до Національної програми поліпшення стану безпеки, гігієни праці і виробничого середовища на 2010–2014 рр., відповідно до програми науково-дослідних робіт Державного ВНЗ «Національний гірничий університет», які пов'язані з держбюджетною темою «Наукові основи деформування просторово-неоднорідної системи масив-

кріплення з урахуванням контролю умов праці в шахтах за пиловим чинником» (номер держреєстрації 0112U000869), де автор працював співвиконавцем.

Мета та завдання досліджень. Метою дисертаційної роботи є зниження рівня запиленості повітря на робочих місцях в гірничих виробках марганцевих шахт за рахунок розробки нових способів і засобів боротьби с пилоутворенням при виконанні основних технологічних операцій з видобутку і транспортування марганцевої руди.

Для досягнення мети поставлені наступні завдання дослідження:

- виконати оцінку основних гірничо-технічних умов та особливостей формування аеродисперсних систем при різних технологічних процесах і вибрати об'єкт досліджень;
- виконати мінералогічний і дисперсний аналіз складу пилу, який виділяється при виконанні основних технологічних процесів;
- визначити вплив динамічних характеристик повітряного потоку на інтенсивність пилоутворення при роботі видобувного комбайна;
- дослідити інтенсивність пилоутворення в залежності від конструкції робочого органу комбайна, що використовується, і фізико-механічних властивостей марганцевої руди;
- дослідити динаміку накопичення пилу в горизонтальних і похилих виробках при транспортуванні руди конвеєром;
- виконати математичне моделювання процесу взаємодії між частинками марганцевої руди і поверхнею конвеєрної стрічки з урахуванням сил адгезії і аутогезії при покритті поверхні конвеєрної стрічки вологоємкими дрібнодисперсними системами;
- визначити адгезійні властивості вологоємких дрібнодисперсних систем, що впливають на інтенсивність пилоутворення при роботі конвеєра;
- розробити способи і засоби зниження запиленості повітря при видобутку і транспортуванні марганцевої руди з урахуванням її фізико-механічних властивостей.

Об'єкт дослідження - процеси утворення, поширення та осадження пилу при виконанні технологічних операцій, що пов'язані з підземним видобутком і транспортуванням руди на марганцевих шахтах.

Предмет досліджень - способи та засоби зниження концентрації пилу при виконанні основних технологічних процесів з видобутку і транспортування марганцевої руди.

Методи дослідження. Для досягнення поставлених завдань у роботі використано аналітичний і експериментальний методи - для дослідження процесу зміни середньозваженого вмісту марганцю в повітрі робочої зони машиніста комбайна; методи математичного моделювання - для дослідження процесів утворення, поширення та відкладення пилу при виконанні основних технологічних операцій з видобутку і транспортування марганцевої руди; методи мате-

матичної статистики - при обробці експериментальних результатів та оцінці достовірності отриманих математичних моделей.

Наукові положення, що виносяться на захист:

1. Концентрація пилу при роботі конвеєра обумовлена покриваючими поверхню конвеєрної стрічки дрібнодисперсними системами, при висиханні і динамічному руйнуванні яких, виникає явище підйому і виносу дрібнодисперсних частинок потоком повітря.

2. Сили адгезії і аутогезії, які обумовлені дрібнодисперсними частинками пилу та їх високою вологоємністю, спрямовані за нормаллю до контактуючих поверхонь конвеєрної стрічки і шару руди яка транспортується, що дозволяє контролювати їх вплив для зниження накопичення дрібнодисперсних фракцій на поверхні холостої гілки конвеєрної стрічки під час його роботи.

Наукова новизна отриманих результатів:

1. Встановлено закономірність зміни запиленості повітря на робочому місці машиніста комбайна, що відрізняється від відомих урахуванням впливу процесу коагуляції і ядра постійної маси вільного струменя повітря в привідбійній зоні тупикової виробки.

2. Доведено, що при провітрюванні тупикових виробок, запиленість повітря на робочому місці машиніста комбайна в залежності від величини відставання кінця трубопроводу від вибою змінюється за кривою, яка має локальний екстремум, що відповідає мінімальній запиленості повітря;

3. Розроблено математичну модель взаємодії між частинками марганцевої руди і поверхнею конвеєрної стрічки, що відрізняється тим, що враховує сили адгезії і аутогезії при накопиченні на поверхні конвеєрної стрічки вологоємних дрібнодисперсних частинок.

Практичне значення роботи:

1. Розроблена конструкція гнучкої телескопічної вентиляційної труби, що дозволяє підтримувати необхідну відстань від кінця трубопроводу до вибою і забезпечувати допустиму запиленість повітря в зоні дихання машиніста комбайна.

2. Розроблено пристрій для герметизації вузлів перевантаження стрічкового конвеєра, що дозволяє підвищити ефективність процесу аспірації і знизити запиленість повітря в виїмкових штреках.

3. Розроблено методику з визначення інтенсивності утворення просипу за довжиною конвеєра та пристрої для механізованого збирання просипу.

Виконані в дисертаційній роботі теоретичні та експериментальні дослідження впроваджено Науково-проектним інститутом з проектування гірничих підприємств Державного ВНЗ «НГУ» при розробці заходів в проектах, спрямованих на поліпшення санітарно-гігієнічних умов праці на гірничодобувних підприємствах.

Результати дисертаційної роботи впроваджені при розробці заходів щодо знепилювання повітря в гірничих виробках шахт ПАТ “Марганецький ГЗК”.

Особистий внесок здобувача полягає у формулюванні мети і постановці завдань наукових досліджень, аналізі причин і явищ які викликають несприятливі санітарно-гігієнічні умови праці на робочих місцях гірників, в експериментальних дослідженнях розповсюдження і осадження пилу у горизонтальних та похилих конвеєрних виробках марганцевих шахт, в теоретичних дослідженнях процесів утворення, поширення та осадження марганцевого пилу, в розробці нових способів і засобів зниження концентрації дрібнодисперсного пилу в конвеєрних виробках при проведенні гірничих робіт з виїмки марганцевої руди у видобувних вибоях.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи доповідалися на міжнародних наукових конференціях: «Форум гірників» (Дніпропетровськ, 2011 р.) і «Вентиляція підземних споруд та промислова безпека у 21 столітті» (Донецьк, 2012 р.).

Публікації. За результатами виконаних досліджень опубліковано 12 друкованих робіт, з них: 5 - статті у фахових виданнях, з яких 3 статті у вітчизняних виданнях, що входять до міжнародних науково-метричних баз, 1 - стаття у міжнародному виданні, 3 - матеріали і тези доповідей на конференціях, 3 - патенти на корисну модель України.

Структура й обсяги дисертації. Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, переліку літературних джерел із 111 найменувань на 11 сторінках, 3 додатків на 3 сторінках. Загальний обсяг дисертації – 133 сторінки, з яких: основний текст – 130 сторінок, рисунків – 25, таблиць – 13.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована актуальність досліджень, сформульована мета і завдання досліджень, наведені основні наукові положення і результати винесені на захист, а також відомості про практичне значення і впровадження результатів роботи.

У першому розділі виконано аналіз умов праці в очисних вибоях і гірничих виробках, обладнаних стрічковими конвеєрами.

Аналіз показав, що в конвеєрних виробках при транспортуванні гірської маси основними джерелами пилоутворення є місця стирання підсушеної гірської маси рухомими елементами конвеєрів комбайна.

На запиленість в зоні дихання машиніста комбайна вирішальне значення має пилоутворення при роботі навантажувального конвеєра, розташованого на стрілі, а при розробці змішаних і карбонатних руд підвищеної міцності збільшується пилоутворення в зоні відбійки і навантаження гірської маси шнековим робочим органом.

Мінералогічний аналіз показав, що пил, який знаходиться в повітрі, містить ті ж самі компоненти, що й руда, однак марганцю міститься дещо менше. Це пояснюється тим, що мінерали, що містять марганець, знаходяться в твер-

дих конкреціях і стираються менше ніж інші компоненти руди. Крім того, марганець є більш важким компонентом, і пилові частинки з його вмістом швидше осідають в безпосередній близькості від джерела пиловиділення.

При виконанні досліджень встановлено, що між концентрацією пилу і середньозваженим вмістом марганцю в ньому існує залежність, яка зображена на графіку (рис. 1). Ця залежність виражається формулою

$$N = 1,65 \exp 0,03n, \quad (1)$$

де n – концентрація пилу в повітрі, $\text{мг}/\text{м}^3$; N – вміст оксидів марганцю, $\text{мг}/\text{м}^3$

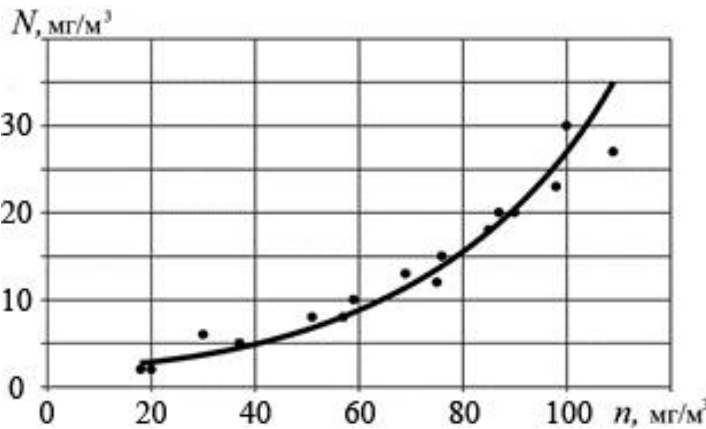


Рисунок 1 - Залежність вмісту оксидів марганцю N у витаючому пилу від запиленості повітря n при веденні очисних робіт

Із залежності (1) випливає, що при запиленості повітря $2 \text{ мг}/\text{м}^3$, вміст оксидів марганцю у пилу що знаходиться у повітрі складе $0,07 \text{ мг}/\text{м}^3$ (при ГДК $0,03 \text{ мг}/\text{м}^3$). Це вказує на те, що прийнята в даний час ГДК, дорівнює $2 \text{ мг}/\text{м}^3$ і встановлена, виходячи з вмісту вільного двоокису кремнію, не задовольняє вимогам ГДК за окисами марганцю. Відомо, що на розвиток професійних захворювань крім, речового складу, впливає дисперсний склад пилу.

Вивчення дисперсного складу пилу змішаної марганцевої руди проводилися за допомогою седиментаційного аналізу, оптичної та електронної мікроскопії. Встановлено, що в пиловловлюючому фільтрі, який знаходиться на виїмковому комбайні, вміст фракцій розміром до 10 мкм , складає менше 25-35% від загальної маси, що вказує на низьку ефективність очищення повітря від дрібнодисперсного пилу.

У зоні дихання машиніста комбайна пил, який знаходиться в повітрі на 99% складається з частинок менше 10 мкм . Вивчення дисперсного складу пилу в виїмкових штреках, обладнаних стрічковими конвеєрами показало, що частки пилу розмірами менше 5 мкм , які знаходяться в повітрі, складають приблизно 95%. Найбільш дрібнодисперсний пил утворюється у приводних і натяжних барабанах, де частки розмірами менше 5 мкм складають 99,5%.

Таким чином, вивчення дисперсного складу пилу в очисних заходках і виїмкових штреках дозволило встановити, що при відпрацюванні змішаних руд утворюється пил, який складається в основному з найбільш шкідливих фракцій розміром до 5 мкм .

Теоретичне обґрунтування процесів утворення та поширення пилу в гірничих виробках шахт і рудників внесли вчені А.А. Скочинський, В.Н. Воронін, М.А. Фукс, А.І. Ксенофонтова, К.З. Ушаков, А.С. Бурчаков, А.П. Янов, В.В. Дьяков, Б.Ф. Кірін, Л.М. Могілевський, Ф.Г. Гагауз, Т.В. Бунько, В.І. Голінько, В.Є. Колесник, К.В. Кузьмінов, В.А. Шаповалов, С.Ю. Єрохін, П.М. Петрухін, М.І. Нецепляєв, Г.С. Гродель, Г.А. Поздняков, С.П. Попович, Я.Я. Лебедев, та ін.

На підставі досліджень ними встановлено закони руху шкідливих домішок, які потрапляють в повітряний потік, розроблені способи і засоби зниження запиленості в гірничих виробках і дано наукове обґрунтування процесів турбулентності, що виникають у вентиляційних потоках. Однак, до нині багато питань для умов марганцевих шахт вивчені недостатньо. Так, при розрахунку концентрації та визначенні, дисперсного складу рудникових аерозолів під час поширення їх по гірничих виробках, недостатньо враховуються процеси гравітаційного і інерційного осадження частинок пилу при роботі конвеєра. Крім того, відсутні ефективні способи та технічні засоби зниження інтенсивності пилоутворення під холостою і робочою гілками стрічки.

У другому розділі встановлено, що на концентрацію пилу у привибійному просторі тупикової виробки при відбої руди комбайном істотно впливають виробничий процес, властивості пилу і процеси його коагуляції та динамічні параметри повітряного потоку.

Відомо, що під дією коагуляції відбувається зміна концентрації пилу пропорційно квадрату концентрації пилу в повітрі. Тому, при певних значеннях динамічних параметрів повітряного потоку, інтенсивності виділення пилу і його фізико-хімічних властивостей відбувається явище стабілізації запиленості повітря на певному рівні. Це явище спостерігається при значеннях швидкості повітря, які не впливають на вторинне здійснення пилу за рахунок впливу динамічних характеристик повітряного потоку. В зв'язку з цим запропоновано диференціальне рівняння, яке описує зміну концентрації пилу в провітрюваній тупиковій виробці і може використовуватись при вентиляційних розрахунках з урахування процесу коагуляції:

$$\frac{dn}{dt} = \frac{Dn^2 + QK_t(n - n_0) - F_0(1 + \varphi'v_0^2)}{V}, \quad (2)$$

де n – концентрація пилу при постійній величині витрати повітря, мг/м³; V – провітрюваний об'єм, м³; K_t – коефіцієнт турбулентної дифузії; Q – витрата повітря, м³/с; n_0 – запиленість повітря, що подається для провітрювання; F_0 – інтенсивність надходження пилу в атмосферу виробки при відсутності провітрювання, мг/с; dn – зміна концентрації пилу в вибої за час dt ; φ' – коефіцієнт приросту інтенсивності пиловиділення, що залежить від квадрата швидкості повіт-

ряного потоку U_0^2 ; D - коефіцієнт пропорційності між інтенсивністю пиловиділення F_0 і квадратом концентрації пилу в повітрі.

Вирішення диференційного рівняння (2) призводить його до наступного вигляду

$$n = \frac{\sqrt{K_t^2 Q^2 + 4D[F_0(1 + \varphi' U_0^2) + K_t Q n_0]} - K_t Q}{2Dm_g}, \quad (3)$$

де m_g - коефіцієнт, що враховує вплив ядра постійної маси вільного струменя на робочому місці машиніста комбайна.

При порівнянні результатів, отриманих при розрахунках середньої концентрації пилу в повітрі з використанням формули (3) і результатів натурних досліджень, похибка складає не більше 10%, що свідчить про достовірність отриманої математичної моделі (2).

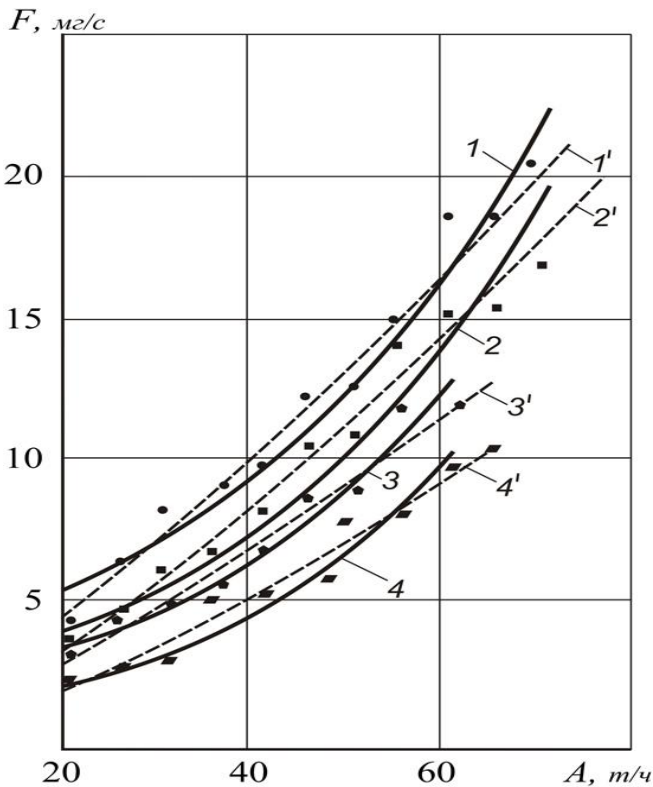


Рисунок 2 – Залежність інтенсивності пилоутворення від продуктивності комбайна: 1, 2 – комбайн зі шнековим робочим органом; 3, 4 – комбайн з лопаточним робочим органом; 1, 3 – при відпрацюванні пласта з прошарками карбонатної руди потужністю 0,4 м; 2, 4 – при відпрацюванні пласта окисною руди; 1', 2', 3' і 4' – графіки, отримані на підставі розрахунку за формулою (6).

В результаті досліджень було також встановлено, що на інтенсивність виділення пилу в умовах марганцевих шахт впливає конструкція робочого органу комбайна та фізико-механічні властивості марганцевої руди.

Для однотипного обладнання, що працює, приблизно, в однакових умовах, інтенсивність пиловиділення F в основному визначається продуктивністю машини A_k і фізико-механічними властивостями гірничої маси, що відбивається від масиву. З урахуванням цих основних факторів, зміну інтенсивності пилоутворення F можна описати наступними диференційними рівняннями:

$$\frac{\partial F}{\partial A_k} = kF, \quad (4)$$

$$\frac{\partial F}{\partial M} = a_p F, \quad (5)$$

де k – коефіцієнт, який характеризує пилоутворювану здатність в залежності від типу машини і конструкції робочого органу і залежить від швидкості обертання останнього $k = 0,5 \dots 0,6$; M – сумарна потужність пропластків змішаної і карбонатної руди; a_p – коефіцієнт, що характеризує фізико-механічні властивості руди, що розробляється в залежності від потужності прошарків змішаної і карбонатної руди $a_p = 5 \dots 10$, що входять у пласт.

При розв'язанні рівнянь (4) і (5) отримано наступний вираз

$$F = F_n \exp \left[k \frac{A_k - A_n}{A_n} + a_p (M - M_n) \right], \text{мг/с} \quad (6)$$

де F_n – інтенсивність пилоутворення комбайна при відомій продуктивності A_n і потужності прошарків руди з різними фізико-механічними властивостями.

На рис. 2 пунктирною лінією зображені криві, побудовані за формулою (6), які показують, що інтенсивність пилоутворення на робочому місці машиніста комбайна зростає залежно від продуктивності комбайна, типу руйнування масиву порід, а також від фізико-механічних властивостей руди, що руйнується.

Для перевірки справедливості отриманої математичної моделі і визначення чисельних значень її параметрів проведені дослідження в тупикових гірничих виробках, обладнаних різними типами комбайнів. При статистичній обробці отриманих результатів встановлені залежності, які задовільно апроксемуються функцією у вигляді експонент (рис.2).

З графіків видно, що зі збільшенням потужності карбонатних прошарків і підвищенням продуктивності комбайна інтенсивність пилоутворення змінюється за отриманою закономірністю. Порівняння результатів, отриманих за виразом (6) і натурних досліджень свідчить про адекватність запропонованої моделі процесам пилоутворення.

Отримані результати досліджень дозволяють прогнозувати інтенсивність пиловиділення новостворюваних комбайнів для очисної виїмки марганцевої руди з урахуванням продуктивності комбайна, типу руйнування масиву порід, і фізико-механічних властивостей руди, що руйнується, а також розраховувати концентрацію пилу в повітрі на робочому місці машиніста комбайна, з метою розробки заходів щодо поліпшення санітарно-гігієнічних умов праці гірників очисних і підготовчих вибоїв марганцевих шахт.

Третій розділ присвячений дослідженням повітряного і пилового балансу в похилому стволі шахти № 9-10 результати яких свідчать про те, що стан повітряного середовища не задовольняє вимогам санітарних норм. Отримано залежність запиленості повітря в робочому проході і запиленості повітря під холостою гілкою стрічкового конвеєра від довжини стовбура.

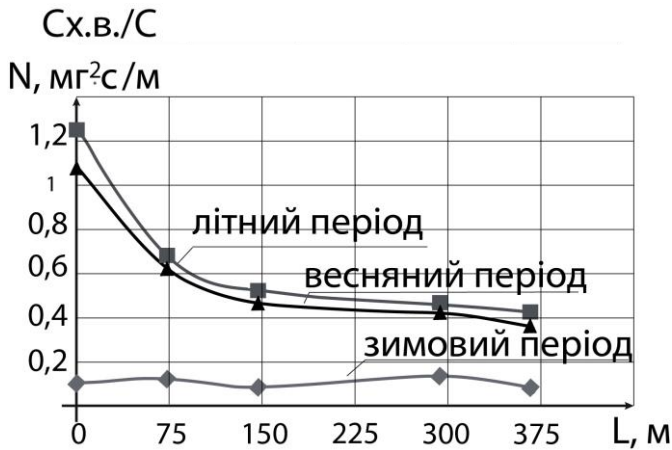


Рисунок 3 – Залежність запыленості повітря в робочому проході і запыленості повітря під холостою гілкою конвеєра від довжини стовбура: N – інтенсивність пиловиділення, ($\text{мг}/\text{м}^2$) с; L – довжина конвеєра, м; 1-15 – точки визначення інтенсивності осадження пилу по довжині конвеєра.

залишаються незмінними, то можна вважати, що інтенсивність осадження пилу пропорційна кількості матеріалу, що залишився на стрічці. Тоді на елементарній довжині конвеєра інтенсивність осадження буде дорівнювати

$$dN = -kNdl, \quad (7)$$

де k - коефіцієнт пропорційності.

Проінтегрувавши вираз (7) за довжиною конвеєра L , отримаємо

$$N = N_0 \exp(-kL),$$

де N_0 – інтенсивність осадження пилу при $L = 0$.

Сумарна кількість пилу, що випала під конвеєр, дорівнює

$$M = \int NdS = \int_0^L Nbdl,$$

де b - ширина поверхні, на яку осідає пил.

На рис.4 графічно зображена залежність інтенсивності осадження пилу в похилому стовбурі.

Як видно з рис. 3, між концентрацією пилу в повітрі робочого проходу і під холостою гілкою стрічки спостерігається така закономірність: чим вище концентрація пилу в повітрі під холостою гілкою, тим вона вище в робочому проході. Основним джерелом пилоутворення є холоста гілка стрічкового конвеєра.

Інтенсивність осадження пилу залежить від багатьох факторів: вологості матеріалу, що транспортується, вібрації холостої гілки стрічки, відстані між роликотопорами, довжини конвеєра, центрування стрічки і тощо. Якщо припустити, що параметри, які впливають на інтенсивність осадження пилу,

При транспортуванні руди стрічковими конвеєрами під холостою і робочою гілками утворюються просипи дрібних часток руди, наявність яких сприяє більш інтенсивному пилоутворенню. При русі конвеєрної стрічки відбувається розшарування матеріалу і осідання на стрічку суцільним шаром дрібної фракції з великим вмістом вологи. Частина цього налиплого шару очищується скребками. Однак тонкий шар залишається на стрічці і швидко підсихає, а потім обсіпається у вигляді лусочок, пилу і грудочок. В першу чергу, осипання відбувається при набіганні стрічки на підтримуючі ролики. Поступово кількість просипів збільшується, вони досягають до підтримуючих роликів, які обертаються в процесі роботи. Потім, якщо просипи не прибирати, їх висота збільшується, досягаючи конвеєрної стрічки, яка ковзає по цій масі і, внаслідок тертя як роликів так і стрічки, утворюється дрібнодисперсний пил, який погіршує санітарно-гігієнічні умови в гірничих виробках. Підтримуючі ролики, особливо на холостій гілці, також покриваються липким шаром руди і при підсиханні випадають в осад у вигляді лусочок.

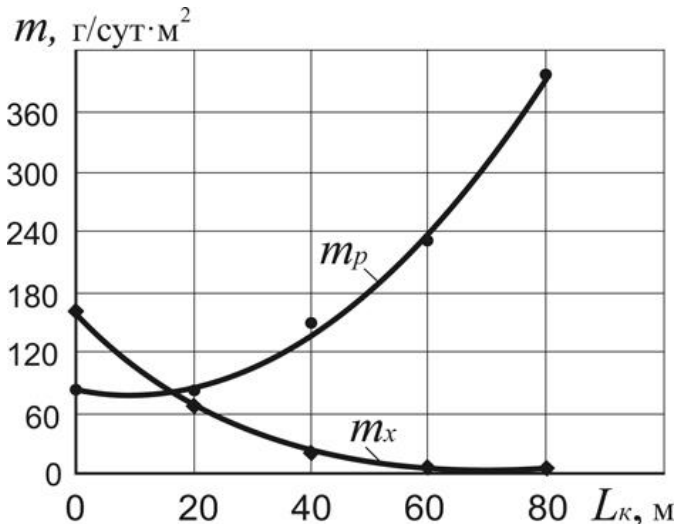


Рисунок 4 – Результати вимірів накопичення пилу в підконвеєрному просторі

Результати дослідження накопичення просипу за довжиною конвеєра наведені на рис. 4.

При математичній обробці вимірювань маси просипу отримані наступні залежності, що дозволяють визначати добову інтенсивність накопичення пилу і просипу в підконвеєрному просторі для холостої m_x і робочої гілок конвеєра m_p , при середній продуктивності конвеєра A_k , яка для марганцевих шахт знаходиться на рівні 300 т/доб.

Для холостої гілки

$$m_x = 156 \exp(-0,047 L_k), \quad (8)$$

для робочої гілки

$$m_p = 96 + 84 \cdot 10^7 L_k^3, \quad (9)$$

де L_k – довжина конвеєра, м.

Сумарна добова величина просипу в підконвеєрному просторі може бути записана у вигляді інтеграла

$$M = b \int_0^{L_k} m dx \quad (10)$$

де b – ширина поверхні, що зайнята просипами, м.

Виходячи з рівнянь (8 - 10) отримано залежності сумарної величини просипу в підконвеєрному просторі на ділянці конвеєрної лінії:

для холостої гілки

$$M_x = 156 \cdot b \int_0^{L_k} \exp(-0,047x) dx = 3,32 \cdot 10^3 \cdot b(1 - e^{-0,047L_k}), \text{ г/доб} \quad (11)$$

для робочої гілки

$$M_p = 300 \cdot b \int_0^{L_k} (0,32L_k + 0,7L_k^4 \cdot 10^{-6}), \text{ г/доб} \quad (12)$$

На підставі отриманих виразів (11) і (12) визначено, що збирання просипу слід проводити не рідше одного разу на місяць, в іншому випадку концентрація пилу в повітрі конвеєрної виробки може різко зрости.

Четвертий розділ присвячений розгляду процесів взаємодії вологоємного дрібнодисперсного компонента марганцевої руди, що накопичується в період роботи конвеєра на холостій гілці стрічки, з її поверхнею (рис. 5). Ці процеси є основною причиною пилоутворення по довжині виробки при роботі конвеєра.

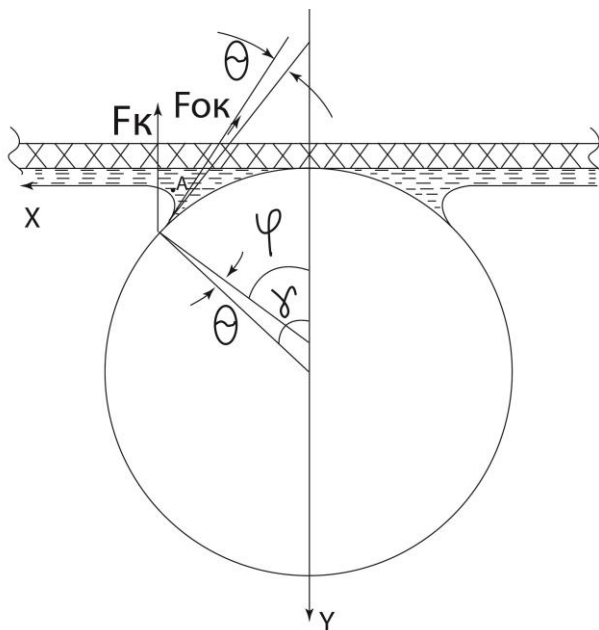


Рисунок 5 – До розрахунку капілярної складової сили адгезії.

На підставі відомої з диференційної геометрії теореми Менье, згідно з якою поверхня рідини на стрічці, визначається радіусом кривизни перпендикулярного до меридіональної кривої нормального перетину і кутом змочування, отримано диференційне рівняння, яке визначає форму меридіональної кривої

$$x = R_2 \cos a,$$

$$\frac{d}{dx} = \left(\frac{xy'}{(1+y'^2)^{0,5}} \right) = 2Hx,$$

де R_2 – радіус кривизни перпендикулярного до меридіональної кривої нормального перетину, м; α – кут між площиною нормального перетину і віссю x ; H – константа

В результаті вирішення якого отримано вираз для визначення сил адгезії

$$\frac{F_k}{P} = \frac{3}{2} \cdot \frac{\sigma}{\rho g} \frac{H}{R \left(\frac{2h}{R} - \frac{h^2}{R^2} \right)},$$

де $P = \frac{4}{3} \pi \rho R^2$ – сила тяжіння, що діє на частинку, H ; ρ – густина часток, кг/м^3 .

Таким чином, ступінь покриття конвеєрної стрічки шаром дрібнодисперсної системи визначається силою адгезії, значення якої залежить від сили поверхневого натягу і кута змочування. Крім того, істотну роль в зчепленні руди з поверхнею конвеєрної стрічки відіграє відношення товщини шару рідини між поверхнею субстрату і часткою до радіусу цієї частки. У зв'язку з вищевказаним, можливе зниження ступеня покриття поверхні конвеєрної стрічки глинистими з'єднаннями, за рахунок зменшення сил адгезії спеціальними речовинами, які руйнують адгезійні зв'язки. Для визначення адгезійних властивостей марганцевих руд була використана методика, що ґрунтується на визначенні сили, яка характеризує зусилля відриву твердої поверхні від шару матеріалу і розриву його шарів.

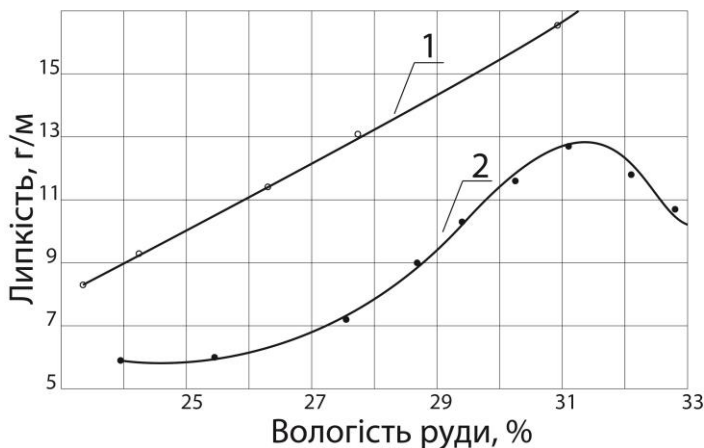


Рисунок 6 – Залежність сил зчеплення руди від вологості: 1 – сила аутогезії; 2 – сила адгезії.

Графічна інтерпретація процесу зчеплення вологої руди з поверхнею конвеєрної стрічки приведена на рисунку 6. З рисунка видно, що зі збільшенням вологості збільшуються сили зчеплення. Причому сили аутогезії при вологості від 20 до 32% більше сил адгезії. Це пов'язано з великим вмістом дрібних фракцій, сили зчеплення між якими, при змочуванні водою, значно зростають.

Шар рідини між поверхнею стрічки і покриваючою її дрібнодисперсною системою, послаблює сили зчеплення між ними.

Оскільки сили адгезії, більшою мірою визначаються властивостями поверхні, їх можна змінити шляхом модифікації.

На підставі результатів лабораторних досліджень, для створення нормальних санітарно-гігієнічних умов на робочих місцях, були розроблені засоби зни-

ження запиленості повітря при видобутку і транспортуванні руди з урахуванням її фізико-механічних властивостей.

З метою зменшення сил зчеплення руди з конвеєрною стрічкою запропоновано використання для цих цілей поверхнево-активних речовин (ПАР), що дозволило зменшити налипання руди на конвеєрну стрічку приблизно в 3 рази.

Для створення найбільш сприятливих умов праці в виробках за пиловим фактором засобами вентиляції, запропонована телескопічна труба, що дозволяє створювати оптимальний вентиляційний режим з урахуванням залежності між витратами повітря і його запиленістю.

Проведені дослідження дозволили визначити оптимальні вентиляційні режими, реалізовані за допомогою запропонованої конструкції вентиляційного трубопроводу (рис. 7).

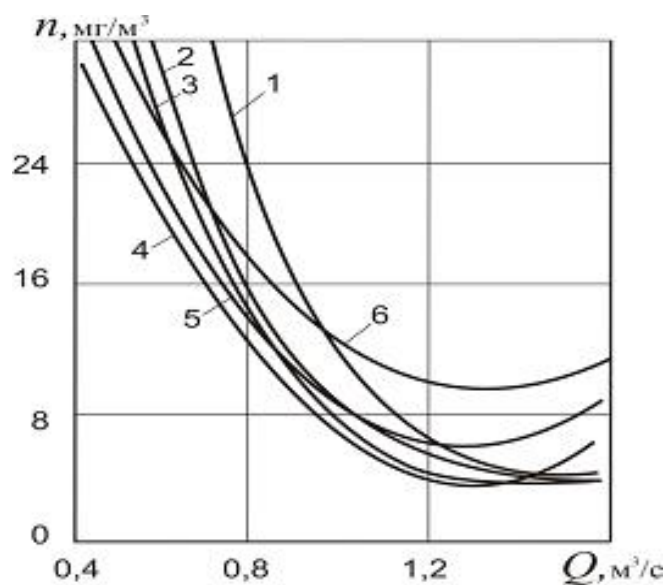


Рисунок 7 – Залежність запиленості повітря на робочому місці машиніста комбайну від витрати повітря: 1 – $L=12$ м; 2 – $L=10$ м; 3 – $L=8$ м; 4 – $L=6$ м; 5 – $L=4$ м; 6 – $L=2$ м.

режими, реалізовані за допомогою запропонованої конструкції вентиляційного трубопроводу (рис. 7). Із рис. 7 видно, що при провітрюванні тупикових виробок, запиленість повітря на робочому місці машиніста комбайна в залежності від величини відставання кінця трубопроводу від вибою L , змінюється за кривою, яка має локальний екстремум, що відповідає мінімальній запиленості повітря $n = 3,5$ мг/м³.

Гранично допустима концентрація пилу в зоні дихання машиніста комбайну може бути досягнута за рахунок застосування системи пиловловлювання, яка конструктивно виконана вбудованою в стрілу комбайна.

Зниження рівня запиленості на вузлах перевантаження конвеєрів пропонується реалізувати за допомогою пристрою для герметизації.

Для попередження утворення просипів, які є причиною пилоутворення по довжині конвеєрних виробок пропонується пристрій, що виключає можливість сходу стрічки в бік.

Розроблені пристрої захищені патентами на корисну модель України.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі, яка є закінченою науково-дослідною роботою, вирішена актуальна науково-прикладна задача зниження рівня запиленості повітря при виконанні основних технологічних операцій з видобутку і транспортуванню марганцевої руди, яка полягає у встановленні закономірностей проце-

су утворення, поширення та відкладення пилу, що дозволяє прогнозувати динаміку виносу та осадження пилу в конвеєрній виробці з урахуванням впливу високої вологості рудникової атмосфери та властивостей вологоємких дрібнодисперсних субстанцій на конвеєрній стрічці і розробці на їх основі способів і засобів поліпшення санітарно-гігієнічних умов праці.

Найбільш важливі наукові та практичні результати, висновки і рекомендації полягають у наступному:

1. Отриманий математичний опис процесу пилоутворення при відбої руди комбайном, що відрізняється від відомих тим, що враховує продуктивність комбайна, тип його відбійного органу та фізико-механічні властивості марганцевої руди, що дозволяє прогнозувати рівень запиленості на робочому місці машиніста комбайна та розробляти заходи з поліпшення санітарно-гігієнічних умов праці гірників очисних і підготовчих вибоїв марганцевих шахт.

2. Встановлено закономірність зміни концентрації пилу в повітрі робочої зони машиніста комбайна з урахуванням впливу процесу коагуляції і ядра постійної маси вільного повітряного струменя в привибійній зоні тупикової виробки.

3. Показано, що при провітрюванні тупикових виробок, запиленість повітря на робочому місці машиніста комбайна в залежності від величини відставання кінця трубопроводу від вибою змінюється по кривій яка має локальний екстремум відповідний мінімальній запиленості повітря.

4. Встановлено, що основними джерелами накопичення пилу в горизонтальних і похилих виробках при транспортуванні руди конвеєром є зона контакту стрічки з виносним барабаном і роликami холостої і завантаженої гілок. Показано, що на концентрацію пилу в похилому стволі істотно впливають температура і вологість повітря на поверхні.

5. Встановлено вплив основних параметрів рудникової атмосфери на концентрацію пилу в похилому стволі. Отримана залежність накопичення пилу від довжини похилого конвеєра і сезону року.

6. Розроблено математичну модель взаємодії між дрібними частинками марганцевої руди і поверхнею конвеєрної стрічки, що відрізняється тим, що враховує сили адгезії і аутогезії при накопиченні на поверхні конвеєрної стрічки вологоємких дрібнодисперсних субстанцій.

7. На підставі виконаних досліджень розроблено спосіб попередження накопичення дрібнодисперсних компонентів марганцевої руди на поверхні холостої гілки конвеєра із застосуванням антиадгезійних засобів, що дозволяє знизити кількість пилу в підконвеєрному просторі.

8. Розроблено пристрій для герметизації вузлів перевантаження стрічкових конвеєрів, що дозволяє підвищити ефективність процесу аспірації і знизити запиленість повітря в виїмкових штреках.

9. Розроблено конструкцію телескопічного повітропроводу, що дозволяє створювати за пиловим фактором необхідні вентиляційні режими при роботі видобувного комбайна.

10. Розроблено пристрій для центрування стрічки конвеєра, що виключає можливість сходу стрічки з роликів і попереджує утворення просипу в підконвеєрному просторі.

Розроблені в даній роботі способи і засоби зниження запиленості повітря в конвеєрних виробках, а також способи попередження накопичення пилу в підконвеєрному просторі можуть бути використані в практиці провітрювання інших шахт і підземних об'єктів.

Основні наукові положення та результати опубліковані в наступних роботах:

Публікації у фахових виданнях:

1. Лутс И.О. Определение параметров запыленности воздуха в очистных забоях марганцевых шахт / Лутс И.О. // Збірник наукових праць Дніпродзержинського державного технічного університету, 2012. - Вип.3(20). - С. 180-183.

2. Голинько В.И. Исследование воздушного и пылевого балансов в наклонном стволе шахты № 9-10 Марганецкого горнообогатительного комбината / В.И. Голинько, И.О. Лутс, Е.А. Яворская // Науковий Вісник НГУ. - Днепропетровск: - 2012. - № 3. - С. 98-101. (науково-метрична база SCOPUS)

3. Голинько В.И. Исследование образования просыпей при работе ленточных конвейеров / В.И. Голинько, И.О. Лутс // Науковий Вісник НГУ. - Днепропетровск: - 2013. - № 5. - С. 99-103. (науково-метрична база SCOPUS)

4. Лебедев Я.Я. Исследование условий труда горнорабочих по пылевому фактору в горных выработках марганцевых шахт / Я.Я. Лебедев, И.О. Лутс // Науковий Вісник НГУ. - Днепропетровск: - 2014. - № 5(143). - С. 83-90. (науково-метрична база SCOPUS)

5. Лутс И.О. Взаимодействие частиц влагосодержащих мелкодисперсных систем и поверхностью конвейерной ленты / И.О. Лутс, Пугач С.И. // Геотехническая механика. – Днепропетровск: - 2015. - №123. – С. 220-226.

Публікації у вітчизняних виданнях, що входять до міжнародних науково-метричних баз:

6. Lebedev Ya.Ya. The mathematical model of ore particles and conveyor belt interacting process/ Lebedev Ya.Ya., Luts I.O.// Metallurgical and mining industry, - Dnepropetrovsk : - 2015. – N 4. – P. 336-339.

Патенти на корисну модель:

7. Пат. на кор. модель 80891 Украина, МПК E21F 1/04. Вентиляційна труба для провітрювання тупикових вибоїв / Лутс І.О.; заявник і власник патенту Державний ВНЗ “Національний гірничий університет”. - №201300038; заявл. 02.01.2013; опубл. 10.06.2013, Бюл. №11

8. Пат. на кор. модель 88445 Украина, МПК E21F 5/00. Пристрій для герметизації вузлів перевантаження стрічкового конвеєра / Голинько В.І., Лутс І.О.; заявник і власник патенту Державний ВНЗ “Національний гірничий університет”.- №201313402; заявл. 18.11.2013; опубл. 11.03.2014, Бюл. №5

9. Пат. на кор. модель 91591 Україна, МПК В65G 39/071. Пристрій для центрування стрічки конвеєра / Голінько В.І., Лутс І.О.; заявник і власник патенту Державний ВНЗ “Національний гірничий університет” - №201401197; заявл. 07.02.2014; опубл. 10.07.2014, Бюл. №13

Матеріали конференцій:

10. Лутс І.О. Свойства рудничной пыли марганцевых шахт / И.О. Лутс, Я.Я. Лебедев // Материалы научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых ГВУЗ “НГУ” “Наукова Весна”, 20 мая 2010г.: тезисы докл. – Днепропетровск: - 2010. – С. 20-24.

11. Яворская Е.А. К вопросу запыленности на рабочем месте машиниста комбайна / Е.А. Яворская, И.О. Лутс // Материалы международной конференции «Форум Гірників» 2011 р.: тезисы докл. – Днепропетровск: - 2011. - С. 176-180.

12. Лутс І.О. Вещественный состав и свойства витающей пыли марганцевых шахт / И.О. Лутс // Материалы международной научно-технической конференции «Вентиляція підземних споруд та промислова безпека у 21 столітті» 2012 р.: тезисы докл. – Донецк: - 2012. - С. 110-113.

Особистий внесок дисертанта в роботах, опублікованих у співавторстві. Особистий внесок дисертанта полягає у дослідженні взаємодії частинок вологоємних дрібнодисперсних систем і поверхнею конвеєрної стрічки [5], та повітряного та пилового балансу в похилому стовбурі шахти № 9-10 Марганецького гірничозбагачувального комбінату [2], побудові математичної моделі процесу взаємодії частинок руди з конвеєрною стрічкою [4], дослідженні умов праці гірників за пиловим чинником в виробках марганцевих шахт [3], дослідженні утворення просипів при роботі стрічкових конвеєрів [6], розробці патентів пристроя для центрування стрічки конвеєра [8], пристроя для герметизації вузлів перевантаження стрічкового конвеєра [9], вивченні властивостей рудничного пилу [10], дослідженні утворення поширення і відкладення пилу на робочому місці машиниста комбайна [11].

АНОТАЦІЯ

Лутс І.О. Зниження запиленості повітря при виробничих процесах в гірничих виробках марганцевих шахт. - Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.26.01 - «Охорона праці» - Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет». Дніпропетровськ, 2016.

У дисертаційній роботі шляхом встановлення закономірностей утворення, поширення та осадження пилу при виконанні основних технологічних операцій і розробці на цій основі способів і засобів зниження запиленості повітря на робочих місцях, здійснено вирішення актуальної наукової задачі поліпшення са-

нітарно-гігієнічних умов праці гірників в тупикових очисних заходках і конвеєрних виробках марганцевих шахт.

Визначено вплив динамічних характеристик повітряного потоку на інтенсивність пилоутворення при роботі видобувного комбайна. Шляхом експериментальних досліджень отримані параметри інтенсивності пилоутворення в залежності від застосовуваної конструкції робочого органу комбайна і фізико-механічних властивостей марганцевої руди. Вивчено динаміку накопичення пилу в горизонтальних і похилих виробках при транспортуванні руди конвеєром. Розроблено математичну модель взаємодії між частинками марганцевої руди і поверхнею конвеєрної стрічки з урахуванням сил адгезії і аутогезії при покритті поверхні стрічки вологоємними дрібнодисперсними фракціями.

На підставі виконаних досліджень розроблено спосіб попередження накопичення дрібнодисперсних компонентів марганцевої руди на поверхні холостої гілки конвеєра із застосуванням антиадгезійних засобів, що дозволяє знизити кількість пилу в підконвеєрному просторі. Розроблено пристрій для герметизації вузлів перевантаження стрічкових конвеєрів, що дозволяє підвищити ефективність процесу аспірації і знизити запиленість повітря в виїмкових штреках. Розроблена конструкція телескопічного воздуховода, яка дозволяє створювати по пиловому фактору оптимальні вентиляційні режими при роботі видобувного комбайна. Розроблено пристрій для центрування стрічки конвеєра, що виключає можливість сходження стрічки з роликів і попереджує утворення просипів в підконвеєрному просторі.

Ключові слова: шахта, конвеєрна стрічка, запиленість, комбайн, гірничавиробка, руда.

АННОТАЦИЯ

Лутс И.О. Снижение запыленности воздуха при производственных процессах в горных выработках марганцевых шахт. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.26.01 – «Охрана труда» - Государственное ВУЗ «Национальный горный университет». Днепропетровск, 2016.

В диссертационной работе, являющейся законченной научно-исследовательской работой, решена актуальная научно-прикладная задача снижения запыленности воздуха при выполнении основных технологических операций по добыче и транспортировке марганцевой руды, которая заключается в установлении закономерностей процесса образования, распространения и отложения пыли, позволяющих прогнозировать динамику выноса и осаждения пыли в конвейерной выработке с учетом влияния высокой влажности рудничной атмосферы и свойств влагоёмких мелкодисперсных субстанций на конвейерной ленте и разработке на их основе способов и средств улучшения санитарно-гигиенических условий труда.

Установлено, что существенным фактором, влияющим на состояние рудничной атмосферы в горных выработках марганцевых шахт, является характер пылеобразования в условиях ее высокой влажности, достигающей 90 % и более, при влажности добываемой марганцевой руды 20-27%.

Анализ распределения содержания и дисперсного состава аэрозолей в горных выработках марганцевых шахт показал, что наибольшая концентрация тонкодисперсных пылевых частиц находится в зоне дыхания машиниста комбайна.

На основании выполненных теоретических исследований предложена математическая модель процесса пылеобразования при отбойке руды комбайном, отличающаяся от известных тем, что учитывает производительность комбайна, тип его отбойного органа и физико-механические свойства марганцевой руды, позволяющая прогнозировать уровень запыленности на рабочем месте машиниста комбайна и разрабатывать мероприятия по улучшению санитарно-гигиенических условий труда горнорабочих очистных и подготовительных забоев марганцевых шахт.

Выполнены экспериментальные исследования процесса накопления пыли в подконвейерном пространстве при работе конвейера. Установлено влияние основных параметров рудничной атмосферы на уровень запыленности в наклонном стволе. Получена зависимость накопления пыли от длины наклонного конвейера и сезона года.

Изучен механизм образования пылевых частиц из влагоемких мелкодисперсных субстанций в процессе их обезвоживания. Показано, что покрытие конвейерной ленты слоем мелкодисперсной системы определяется силой адгезии, величина которой зависит от силы поверхностного натяжения и угла смачивания. В связи с вышеуказанным, снижение количества покрытия поверхности конвейерной ленты глинистыми соединениями, возможно за счет применения специальных составов, разрушающих адгезионные связи.

На основании выполненных исследований разработан способ предупреждения накопления мелкодисперсных компонентов марганцевой руды на поверхности холостой ветви конвейера с применением антиадгезионных средств, позволяющий снизить количество пыли в подконвейерном пространстве. Разработано устройство для герметизации узлов перегрузки ленточных конвейеров, позволяющее повысить эффективность процесса аспирации и снизить запыленность воздуха в выемочных штреках. Разработана конструкция телескопического воздуховода, позволяющего создавать по пылевому фактору оптимальные вентиляционные режимы при работе добычного комбайна. Разработано устройство для центрирования ленты конвейера, исключающее возможность схода ленты с роликов и предупреждающее образование просыпей в подконвейерном пространстве.

Ключевые слова: шахта, конвейерная лента, запыленность, комбайн, горная выработка, руда.

ABSTRACT

Luts, I. Decrease in air dust content in the context of operating processes within manganese mine workings. - Manuscript.

Thesis for a degree of Candidate of Science in the specialism area 05.26.01 – “Labour protection” – State Higher Educational Institution “National Mining University”. Dnipropetrovsk, 2016.

The thesis has solved topical scientific problem to improve health conditions for miners working in dead entry ways and conveyor roadways within manganese mines. The problem has been solved through determination of rules of dust formation, expansion, and settling while performing basic technological operations used to develop means and techniques to reduce air dust content at work places.

Effect of air flow dynamic characteristics on dust formation intensity in the process of coal shearer operation has been determined. Experimental investigations have made it possible to identify parameters of dust formation intensity depending upon a design of working organs of coal shearer applied and physical and mechanical properties of manganese ore. Dynamics of dust accumulation within horizontal mine workings and slope ones in term of ore conveying has been analyzed. Mathematical model demonstrating interaction between manganese ore particles and conveyor belt has been developed; the model involves forces of adhesion and self-adhesion if belt surface is covered with high-absorbency fine fractions.

The investigations have helped develop a technique to prevent accumulation of manganese ore fine components at the surface of return belt with the use of antiadhesive tools making it possible to decrease amount of dust within sub-conveyor space. A facility to proof units of belt conveyor reloading has been designed. It helps improve efficiency of aspiration process efficiency and decrease air dust content within gate roads. Telescopic airway has been designed; in terms of dust factor it helps developing optimum ventilation modes in the process of coal shearer operation. A facility to centre conveyor belt has been designed; thus, belt remains on rollers and spillage is prevented within subconveyor space.

Key-words: mine, conveyor belt, dust content, coal shearer, mine working, ore.

ЛУТС Ігор Олегович

**ЗНИЖЕННЯ ЗАПИЛЕНОСТІ ПОВІТРЯ ПРИ ВИРОБНИЧИХ
ПРОЦЕСАХ В ГІРНИЧИХ ВИРОБКАХ МАРГАНЦЕВИХ ШАХТ**

(Автореферат)

Підписано до друку 01.06.16 Формат 60x90/16.

Папір офсет. Ризографія. Ум. друк. арк. 0,9.

Обл.-вид. арк. 0,9. Тираж 100 пр. Зам. №

Видано «Поліграф центр» ФО-П Кучугурний

м. Дніпропетровськ, вул. Воскресенська, 11

E-mail: dnepr-2009@yandex.ru

тел.: (056) 735-50-08