

**МІНІСТЕРСТВО НАУКИ І ОСВІТИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВНЗ «НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ»**

МАРЧЕНКО В'ячеслав Володимирович

УДК 622.8:622.271.3

**МОНІТОРИНГ УМОВ ПРАЦІ ВОДІЇВ ВЕЛИКОВАНТАЖНИХ
КАР'ЄРНИХ АВТОСАМОСКИДІВ**

Спеціальність 05.26.01 – “Охорона праці”

**Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук**

Дніпропетровськ - 2013

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі аерології та охорони праці Державного вищого навчального закладу «Національний гірничий університет» Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України (м. Дніпропетровськ)

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор **Зберовський Олександр Владиславович**, завідувач кафедри екології та охорони навколишнього середовища Дніпродзержинського державного технічного університету Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, старший науковий співробітник **Шевченко Володимир Георгійович**, вчений секретар Інституту геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Національної академії наук України (м. Дніпропетровськ);

кандидат технічних наук, доцент **Гасило Юрій Анатолійович**, доцент кафедри охорони праці та безпеки життєдіяльності Дніпродзержинського державного технічного університету Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України.

Захист дисертації відбудеться " ____ " _____ 2013 р. о ____ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.080.07 при Державному вищому навчальному закладі «Національний гірничий університет» Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України за адресою: 49027, м. Дніпропетровськ, пр. К.Маркса, 19

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Державного ВНЗ «Національний гірничий університет» Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України за адресою: 49027, м. Дніпропетровськ, пр. К.Маркса, 19

Автореферат розісланий " ____ " _____ 201__ р.

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

О.В. Остапчук

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Одним з головних напрямків технічного прогресу в гірничодобувній промисловості є переважний розвиток відкритого способу розробки родовищ. Завдяки розвинутій індустріальній базі України і значним запасам корисних копалин, цим способом видобувається понад 75% від загального обсягу твердої мінеральної сировини, що споживається промисловістю.

Серед видів транспорту, який використовується на кар'єрах, найбільш поширеним є автомобільний транспорт, частка перевезення обсягу гірської маси якого складає 2/3 від загального. Чисельність персоналу, що обслуговує кар'єрний транспорт (водії великовантажних автосамоскидів, дорожні та ремонтні робітники) становить 45-50% облікового складу робітників, а водії кар'єрних великовантажних автосамоскидів є найбільш чисельною групою серед них.

За останні два десятиліття умови розробки корисних копалин відкритим способом істотно погіршилися, при цьому - глибина багатьох великих кар'єрів в Україні сягла 300-400 і навіть 500 м, відстань транспортування гірничої маси збільшилася до 5,0 км, а частка похилих ділянок трас - до 75 % і більше.

Водії великовантажних автосамоскидів, що знаходяться на робочому майданчику при екскавації і навантаженні підірваної маси піддаються дії оксиду вуглецю, який виділяється при вторинному виході його в кар'єрну атмосферу і пилового фактора. Також при роботі внаслідок недостатньої видимості і значній швидкості руху водії великовантажних кар'єрних автосамоскидів підвернені значному інформаційному перевантаженню і психоемоційному напруженню внаслідок перевтоми.

Поліпшення умов праці водіїв при сучасній технології ведення відкритих гірничих робіт вимагає розробки системи моніторингу умов праці, що враховує існуючий стан умов праці водіїв великовантажних кар'єрних автосамоскидів та особливості процесу завантаження і транспортування гірської маси в кар'єрах з різними гірничо-геологічними і гірничотехнічними умовами.

Вищенаведене обумовлює актуальність проведення досліджень спрямованих на розробку системи моніторингу умов праці водіїв кар'єрних великовантажних автосамоскидів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження з теми дисертації виконані відповідно до задач поставлених в «Концепції розвитку гірничо-металургійного комплексу України до 2010 року» (Постанова ВР України № 385/95-вр від 17 жовтня 1995 року), з Національною програмою поліпшення стану безпеки, гігієни праці і виробничого середовища затвердженої КМ України 10.10.2001р. № 1320, і згідно з планами науково-дослідних робіт Національного гірничого університету, де автор був виконавцем: «Розробка наукових основ вискоєфективної експлуатації гірничотранспортного устаткування кар'єра методами оперативного керування» (№ ДР 0105U000505); «Наукове обґрунтування та розробка концепції створення інтелектуальних систем прийняття рішень на гірничих підприємствах» (№ ДР 0103U001279); та науково-дослідною

госпрозрахунковою темою НГУ з Вільногірським ГМК «Обґрунтування технологічних способів та схем підвищення видобутку руд з розсіпних титаноцирконієвих родовищ ВДМК» (№ ДР 0107U001554).

Метою роботи є підвищення безпеки праці водіїв великовантажних кар'єрних автосамоскидів шляхом розробки автоматизованої системи моніторингу.

Для досягнення мети були сформульовані наступні завдання, які визначили структуру дисертації:

- встановити особливості умов праці водіїв великовантажних кар'єрних автосамоскидів при виконанні транспортних операцій у кар'єрах;
- дослідити особливості процесу виносу шкідливих газів з підірваної гірської маси в атмосферу при її навантаженні на автосамоскиди;
- провести натурні дослідження для встановлення закономірностей швидкісних режимів транспортування гірської маси великовантажними кар'єрними автосамоскидами і особливостей їх впливу на психоемоційний стан водіїв;
- розробити автоматизовану систему моніторингу умов праці водіїв великовантажних кар'єрних автосамоскидів.

Об'єктом досліджень є транспортування гірської маси великовантажними кар'єрними автосамоскидами в умовах кар'єру.

Предметом досліджень є закономірності впливу токсичних газів при їх вторинному виході в атмосферу кар'єру підчас навантаження підірваної маси а також швидкісних режимів транспортування гірничої маси на рівень безпеки праці водіїв.

Методи досліджень. Для досягнення поставлених завдань у роботі використані аналітичний і експериментальний методи - для дослідження газодинамічних процесів у підірваній гірській масі; методи математичного моделювання - для розробки моделей процесу виносу шкідливих домішок з підірваної гірської маси; методи математичної статистики - при обробці експериментальних результатів та оцінці достовірності отриманих математичних моделей; дослідно-промислова апробація - для перевірки розроблених способів і засобів поліпшення умов праці водіїв.

Наукові положення, що виносяться на захист:

1. Вихід оксиду вуглецю з концентрацією, яка значно перевищує граничну допустиму концентрацію (ГДК), з підірваної гірської маси в повітря робочої зони кар'єру після регламентованого за часом провітрювання виникає внаслідок десорбції та накопичення його у вільному просторі відбитої руди при екскавації і транспортуванні;

2. Умови праці водія великовантажного автосамоскиду в кар'єрі за фактором стомлюваності і емоційного напруження залежать від швидкісного режиму і дальності видимості на дорозі, при цьому зменшення дальності видимості до 70-80м призводить до суттєвого інформаційного перевантаження, яке у більшості випадках сягає 5-60%, та психоемоційного перевантаження до 125% від фонових замірів за частотою пульсу.

Наукові результати і їхня новизна:

1. Теоретично обґрунтовано та експериментально встановлено, що при екскавації і транспортуванні підірваної гірської маси істотний вплив на забруднення атмосфери робочої зони кар'єру має характер виносу десорбуючихся токсичних газів, які були поглинені поверхнею відбитої гірської маси. Показано, що в результаті явища десорбції, яке відбувається при вторинному вивільненні газу, концентрація оксиду вуглецю в атмосфері робочих майданчиків кар'єру змінюється в часі у вигляді імпульсів;

2. Встановлено закономірність зміни концентрації оксиду вуглецю в екскаваторному забої з урахуванням динаміки десорбції його з частинок підірваної гірської маси з різними фракціями і коефіцієнтами дифузії;

3. Розроблено та теоретично обґрунтовано імовірнісну модель процесу розподілу швидкісних режимів великовантажних автосамоскидів, яка враховує інформаційне перевантаження і психоемоційну напруженість водіїв, що дозволяє досліджувати область ефективного використання швидкісних режимів автосамоскидів в умовах кар'єра і підвищити рівень безпеки праці водіїв;

4. Дослідження впливу умов праці на стан водія великовантажного автосамоскиду розглянуті з урахуванням характеру інформаційного перевантаження і емоційної напруги водіїв. Встановлено закономірності добових змін порушення швидкісного режиму руху водіями автосамоскидів і показано, що найбільша кількість порушень припадає на періоди з 6 до 8:00 і з 15 до 17 годин.

5. Вперше встановлені закономірності порушення швидкісного режиму руху водіями автосамоскидів від температурного фактора в кар'єрі. Показано що найбільша кількість порушень допустимої швидкості руху спостерігається при температурі 5-25° С, а найменше при зростанні температури до 35° С або її зниження до -20° С.

Наукове значення роботи полягає в розкритті закономірностей виділення шкідливих газів в атмосферу робочих майданчиків кар'єру і впливу факторів виробничого середовища на безпеку праці водіїв великовантажних автосамоскидів при виконанні основних технологічних операцій.

Практичне значення отриманих результатів

1. Створено новий засіб моніторингу та підвищення безпеки умов праці водіїв кар'єрних великовантажних автосамоскидів - система моніторингу умов праці водіїв (СМУП), що базується на застосуванні супутникової навігації та передачі даних за допомогою мобільного бездротового Інтернету GPRS.

2. Запропоновано пристрій пиловловлювання і пилоподавлення в кабінах кар'єрних великовантажних автосамоскидів, що дозволяє забезпечити нормальні умови праці водіїв за пиловим фактором.

3. Розроблені рекомендації щодо створення системи моніторингу умов праці водіїв кар'єрних великовантажних автосамоскидів, які дозволяють відтворити систему моніторингу умов праці водіїв великовантажних кар'єрних автосамоскидів на підставі специфічних вимог гірничого виробництва.

Результати роботи впроваджені на гірничому виробництві філії «Вільногірський гірничо-металургійний комбінат» ЗАТ «Кримський титан».

Особистий внесок здобувача полягає у формулюванні мети і постановці завдань досліджень, аналізі причин незадовільних умов праці водіїв великовантажних кар'єрних автосамоскидів в кар'єрах і явищ, що впливають на ці умови, в експериментальних дослідженнях основних параметрів безпеки праці водіїв автосамоскидів в кар'єрах, в теоретичних дослідженнях вторинних аерогазодинамічних явищ, у розробці нових способів і засобів моніторингу умов праці водіїв великовантажних кар'єрних автосамоскидів.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи доповідалися на міжнародних конференціях «Геотехнические проблемы разработки месторождений» (м. Дніпропетровськ, 2009-2011 рр.), на першій науково-технічній конференції «Наукова весна - 2010» НГУ, на другій науково-технічній конференції «Наукова весна - 2011» НГУ, науково-технічних семінарах кафедри аерології і охорони праці Державний ВНЗ «Національний гірничий університет».

Публікації. За матеріалами досліджень опубліковано 10 наукових праць, у тому числі 7 статей у журналах і збірниках, що входять до переліку фахових видань України, 3 матеріали доповідей на конференціях.

Структура й обсяг дисертації. Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, переліку використаних джерел з 127 найменувань та додатків. Містить 136 сторінок машинописного тексту, у тому числі 60 рисунків і 6 таблиць та додатки на 54 сторінках. Загальний обсяг роботи складає 190 сторінок.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована актуальність досліджень, сформульовані мета і задачі досліджень, приведені основні наукові положення та результати, винесені на захист, а також відомості про практичне значення та впровадження результатів роботи.

У першому розділі виконано аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів, що впливають на стан водіїв великовантажних кар'єрних автосамоскидів.

Для цього було проведено аналіз умов праці водіїв, який показав, що значне погіршення стану атмосфери в робочих зонах кар'єру та зниження рівня безпеки праці найчастіше виникає через порушення безпечного для життя складу повітря в зв'язку з виконанням підриву гірської маси. При цьому в повітря робочої зони кар'єру після регламентованого за часом провітрювання відбувається вивільнення токсичних газів, концентрації яких значно перевищують ГДК, скупчення пилу в робочих зонах кар'єрних ділянок та в кабінах водіїв автосамоскидів при виконанні навантажувальних робіт.

Вважаючи на те, що при масових вибухах вміст оксиду вуглецю у поровому просторі підірваної руди сягає 4-5%, а оксидів азоту - до 0,05 %, серйозну небезпеку для безпеки водія містять шкідливі домішки (пил і газ), що залишаються після вибуху у підірваній гірській масі та повільно виділяючись з гірської маси, забруднюють атмосферу ділянок підірваних блоків. Тривалість виділення токсичних газів сягає в окремих випадках 10-15 годин і більше. Але

існуючі способи та засоби охорони праці часто не враховують специфіку газодинамічних явищ пов'язаних з вторинним виходом токсичних газів з підірваної гірської маси, їх використання не дозволяє забезпечити необхідний склад атмосфери після регламентованого за часом провітрювання робочих місць. Дотепер, при контролюванні якості повітря після масових вибухів, не враховуються вторинні викиди оксиду вуглецю, що призводить до нещасних випадків отруєння робітників, у тому числі і водіїв кар'єрних автосамоскидів. Крім того, для кар'єрів відсутні ефективні способи і технічні засоби оперативного контролю умов праці водіїв кар'єрних великовантажних автосамоскидів, а також немає досить обґрунтованих методів прогнозу шкідливих та небезпечних виробничих чинників при транспортуванні ними гірської маси.

Також у кабінах великовантажних кар'єрних автосамоскидів встановлене постійне перевищення ГДК пилу, при цьому часто це перевищення складає 50–200%.

При тривалій роботі водіїв кар'єрних великовантажних автосамоскидів у робочому середовищі з високим вмістом газу і пилу, та з високим інформаційним напруженням в умовах підвищеної небезпеки істотно погіршується їх стан здоров'я і виникають професійні захворювання, що вимагає захисту водіїв від зазначених факторів.

Для поліпшення умов праці на робочих місцях водіїв великовантажних кар'єрних автосамоскидів необхідна розробка ефективних способів та засобів, спрямованих на виконання надійного контролю умов праці при виконанні основних технологічних операцій пов'язаних з навантаженням і транспортуванням гірської маси.

За результатами аналізу сформульовані задачі дослідження, вирішення яких, дозволяє досягти мети дисертації.

В другому розділі приведені результати дослідження процесу винесення шкідливих домішок з підірваної гірської маси в атмосферу робочих зон кар'єру.

Для з'ясування причин суттєвого підвищення концентрації токсичних домішок в атмосфері робочих майданчиків кар'єру після регламентованого за часом провітрювання, що виникають у процесі екскавації гірської маси, були проведені дослідження, які показали, що виділення оксиду вуглецю з підірваної гірської маси відбувається згідно з першим законом Фіка, який для одномірного стаціонарного випадку є основним законом концентраційної дифузії

$$j = -D[\text{grad } c] = -D \frac{dc}{dl} \quad (1)$$

де j - щільність дифузійного потоку, $1/(с \cdot м^2)$; D - коефіцієнт дифузії, $м^2/с$; dl - відстань між об'ємами, які дифундують, $м$.

Різниця в кількості газу у вільному просторі між кусками підірваної гірської маси c і в мікропорах (тріщинах) c_1 складає $\Delta c = c - c_1$.

Витікання газу з підірваної гірської маси відбувається доти, поки тиск у макро- і мікропорах не стане дорівнювати атмосферному тиску. В зв'язку з вищенаведеним, початкові й граничні умови процесу витікання токсичного газу

з мікропор гірської маси в її вільний простір має вигляд наступної математичної моделі:

$$\begin{aligned} \operatorname{div} D \operatorname{grad} c - c_1 &= f(c, a), \quad p > 0, \quad \tau > 0, \\ \frac{\partial a}{\partial \tau} &= f(c, a), \quad p > 0, \quad \tau > 0, \\ c &= 0, \quad a = 0, \quad p > 0, \\ D \frac{\partial c}{\partial x} \beta (c_0 - c), & \quad p > 0, \quad \tau > 0, \end{aligned} \quad (2)$$

де $\partial a / \partial \tau = f(c, a)$ – рівняння кінетики десорбції з урахуванням прийнятого допущення в тім, що з мікропор десорбується один компонент; τ – час виділення відносної кількості газу з частки підірваної гірської маси, хв.; p – тиск газу, Па; β – коефіцієнт зовнішнього масообміну, віднесений до одиниці обсягу сорбенту (підірваної гірської маси); a – концентрація токсичного газу в складі сорбенту, г/см³; a_0 – початкова концентрація токсичного газу в складі сорбенту, г/см³; c – концентрація токсичного газу в складі рухливої суміші, г/см³; c_0 – початкова концентрація токсичного газу в складі рухливої суміші, г/см³.

На підставі математичної моделі (1) отримана формула для визначення інтенсивності потоку токсичного газу з одиниці площі поверхні частки підірваної гірської маси

$$J(\tau) = \frac{\beta^3 d^2 u a_0 \left[\exp(-u\tau) - \exp\left(-\frac{4D^2\tau}{\beta^2 d^2}\right) \right]}{4D^2 - \beta^2 d^2 u}, \quad \tau \geq 0, \quad (3)$$

де u – інтенсивність переходу газу із зв'язаного у вільний стан, г/хв; d – діаметр фракції підірваної гірської маси, см.

Загальна кількість токсичного газу, що виділився до моменту часу τ визначається з виразу

$$q(\tau) = Sa_0 - \frac{Sa_0 (\beta d)^2 \left[4 \left(\frac{D}{\beta d} \right)^2 \exp(-u\tau) - \exp\left(-\frac{4D^2\tau}{\beta^2 d^2}\right) \right]}{4D^2 - \beta^2 d^2 u}, \quad (4)$$

де S – площа поверхні частки будь-якої форми, см².

Винос токсичних газів, десорбованих у вільний простір між кусками підірваної гірської маси, в атмосферу робочих майданчиків кар'єру здійснюється за законом Вікке, відповідно до якого, у випадку наявності збурювань, що порушують сталість концентрацій на границях зони, передній і задній фронти в залежності від виду ізотерми деформуються (рис.1). Тому на передньому фронті імпульсу спостерігається уповільнення наростання концентрації, а на задньому – уповільнення її падіння. При цьому на границях

газової пробки спостерігається експонентний характер зміни концентрації (рис. 1, графік 2).

Процеси сорбції-десорбції газу на поверхні пористого середовища викликають додаткове запізнювання виносу газу щодо моменту початку фільтрації, що призводить до зсуву вихідного імпульсу концентрації (рис. 1, графік 3). Причому час запізнювання, а значить і час настання максимального значення концентрації газу, можуть істотно зміститися в часі в залежності від розмірів мікротріщин і сорбційних властивостей пористого середовища стосовно газу, що, у свою чергу, залежать від температури, тиску і вологості. У результаті зазначеного явища, винос токсичних газів, десорбованих у вільний простір між кусками підірваної гірської маси і, далі, в атмосферу робочих майданчиків кар'єру має імпульсний характер.

Адекватність вищезазначених процесів, процесам в умовах кар'єру підтверджується натурними вимірами, які виконувались після регламентованого за часом провітрювання співробітниками Криворізького воєнізованого гірничо-рятувального загону.

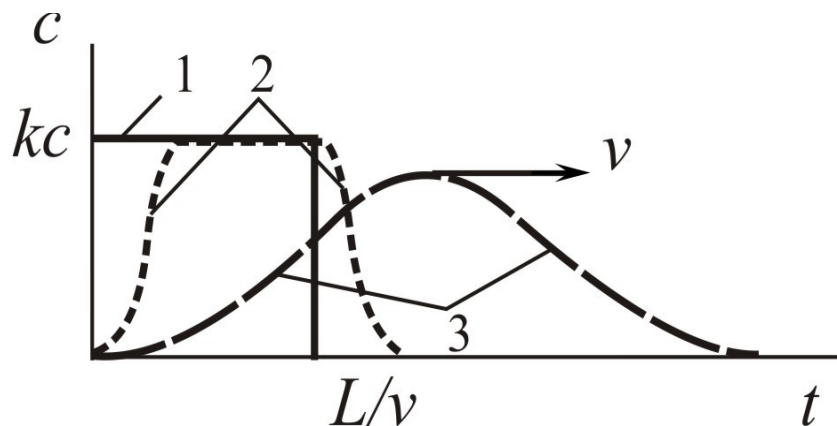


Рис. 1. Зміна концентрації газу в потоці носія на виході з пористого середовища: 1 – ідеалізований імпульс концентрації при відсутності перемішування; 2 – при обліку взаємодії (змішування) газу і фільтраційного повітря на їхніх границях; 3 – при додатковому урахуванні процесів сорбції-десорбції газу в середовищі підірваної гірської маси.

Третій розділ присвячений дослідженню шкідливих і небезпечних виробничих факторів, що впливають на умови праці водіїв великовантажних автосамоскидів.

Один з встановлених факторів, що істотно впливає на безпеку водія, є швидкість руху автосамоскида. Підвищення середньотехнічної експлуатаційної швидкості руху, з одного боку, поліпшує виробничі показники гірничотранспортних робіт у кар'єрах, а з іншої, знижує рівень безпеки праці водія.

Проведені експериментальні дослідження швидкісних режимів великовантажних кар'єрних автосамоскидів на Вільногірському гірничо-металургійному комбінаті свідчать про те, що рівень безпеки руху автосамоскидів значною мірою, визначається дорожніми умовами і загальним фізичним станом водіїв. Розвиток стомлення пов'язаний з нервово-психічним

напруженням, що, у свою чергу, залежить від швидкості надходження інформації про дорожньо-транспортну ситуацію, яка попадає в поле зору водія. Інтенсивність надходження інформації тим вище, чим більше швидкість руху і менше відрізок часу, протягом якого водій повинен її сприйняти і переробити.

Обмеження поля зору водія, яке викликається недостатньою видимістю, скорочує час прийому інформації. Для приведення швидкості надходження інформації у відповідність зі своїми можливостями водії зобов'язані знижувати швидкість руху. Якщо проїзд ділянок дороги з обмеженою видимістю здійснюється без зниження швидкості, то у водія виникає значне нервово-психічне напруження. Вважаючи на те, що робота автотранспорту в кар'єрі ведеться в інтенсивному режимі, це сприяє швидкому стомленню водія і збільшенню імовірності його помилок.

На підставі виконаних досліджень отримані графіки функцій розподілу ймовірностей для швидкості автосамоскида БЕЛАЗ-7548 (рис. 2). Отримані графіки з найбільшою точністю описуються кривою Гауса і мають по 2 локальних максимуми і мінімуми. Перший локальний максимум знаходиться на осі ординат при швидкості 0 км/год. Він пояснюється простоями великовантажних кар'єрних автосамоскидів, очікуванням завантаження-розвантаження автосамоскидів. Наступний локальний максимум у функцій розподілу спостерігається при значеннях швидкості 22,8-27,8 км/год, що пояснюється переважним вибором водіями такої швидкості руху в умовах кар'єрів. Ймовірність перевищення встановленої граничної швидкості 40 км/год складає 2,7-3,1 %.

На підставі виконаних експериментальних досліджень отримані аналітичні вирази функцій розподілу ймовірностей при різних відстанях видимості (70–80, 120–130 і 180–200м)

$$P_1(v) = 0,328 \cdot \exp\left(-\frac{v+1,636}{5,11}\right)^2 + 0,076 \cdot \exp\left(-\frac{v-22,8}{13,88}\right)^2, \quad (5)$$

$$P_2(v) = 0,277 \cdot \exp\left(-\frac{v+2,185}{5,7}\right)^2 + 0,075 \cdot \exp\left(-\frac{v-25,8}{14}\right)^2, \quad (6)$$

$$P_3(v) = 0,796 \cdot \exp\left(-\frac{v+10,95}{10,26}\right)^2 + 0,09 \cdot \exp\left(-\frac{v-27,87}{11,84}\right)^2 \quad (7)$$

і залежності емоційної напруженості від швидкості руху

$$P_{напр.1}(v) = -0,0048 \cdot v^2 + 0,7 \cdot v + 100,1, \quad (8)$$

$$P_{напр.2}(v) = -0,004 \cdot v^2 + 0,6 \cdot v + 100,1, \quad (9)$$

$$P_{напр.3}(v) = -0,004 \cdot v^2 + 0,57 \cdot v + 100,1, \quad (10)$$

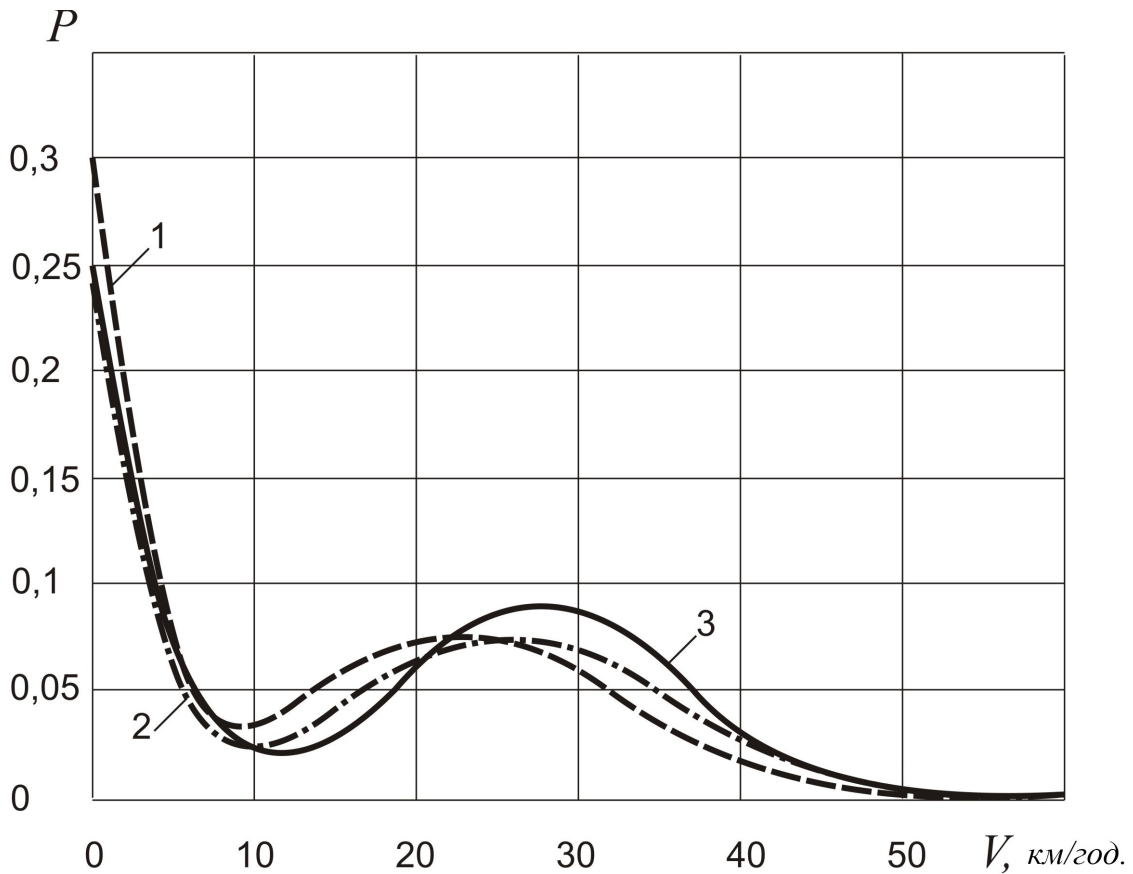


Рис. 2. Функції розподілу ймовірностей для швидкості автосамоскида при різних умовах видимості: 1 - дальність видимості 70-80 м; 2 - дальність видимості 120-130 м; 3 - дальність видимості 180-200 м

Зміна інформаційного перевантаження, в залежності від швидкості автосамоскида, при дальності видимості 70–80 і 180–200м визначається як

$$P_{переп.1}(v) = 93,5 \cdot \exp\left(-\frac{x - 71,6}{38,1}\right)^2, \quad (11)$$

$$P_{переп.2}(v) = 73,3 \cdot \exp\left(-\frac{x - 77,5}{22,9}\right)^2, \quad (12)$$

Порівнявши функції розподілу ймовірностей для швидкості великовантажного кар'єрного автосамоскида і залежностей впливу швидкості на психоемоційну напруженість водія при відповідних умовах видимості, були отримані функції розподілу ймовірностей для перебування водія автосамоскида в несприятливому психоемоційному стані.

На рис. 3 відображені функції розподілу ймовірностей для психоемоційного напруження водіїв автосамоскидів БЕЛАЗ-7548 в умовах кар'єрів Вільногірського ГМК. Величина емоційної напруженості вимірюється як перевищення пульсу випробуваного до його фонового пульсу у відсотках.

Аналіз отриманих функцій розподілу ймовірностей для емоційної напруженості водіїв великовантажних автосамоскидів показав, що водії кар'єрних автосамоскидів значну частину часу знаходяться в стані незначного

емоційного напруження, однак час перебування в стані емоційної напруженості, що характеризується частотою пульсу 112–114 % щодо фонових вимірів, теж достатньо великий.

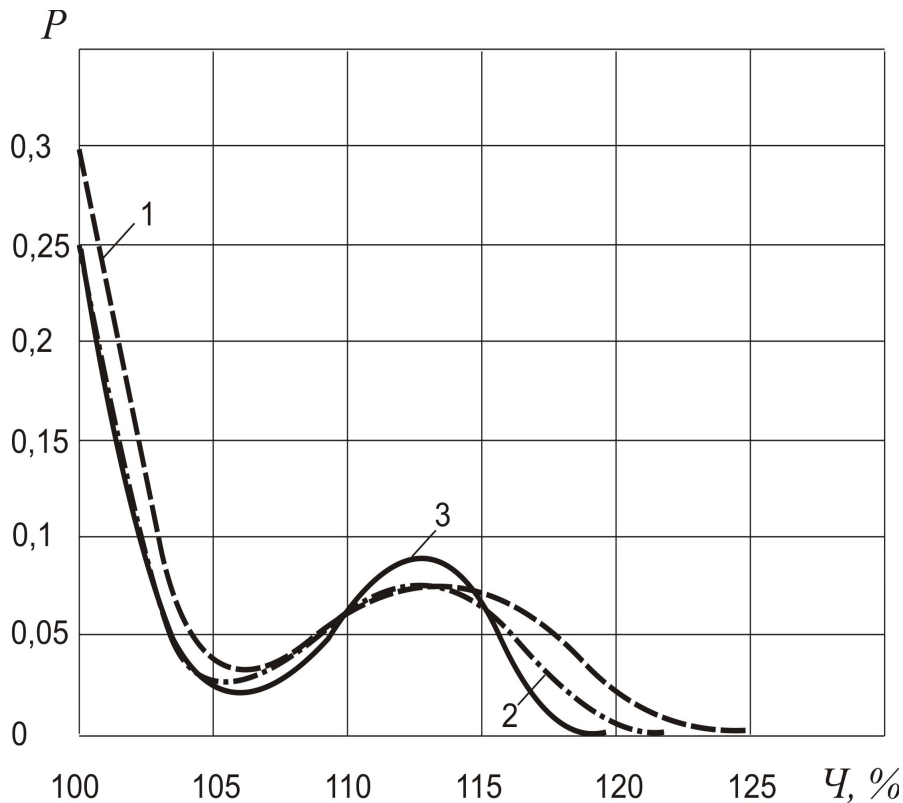


Рис. 3. Функції розподілу ймовірностей для психоемоційної напруженості водіїв великовантажних автосамоскидів БЕЛАЗ-7548 в умовах кар'єрів ВГМК: 1 - дальність видимості 70–80 м; 2 - дальність видимості 120–130 м; 3 - дальність видимості 180–200 м

Отримані функції розподілу ймовірностей для інформаційного перевантаження водіїв I (рис. 4) при різних умовах видимості показали, що ймовірність знаходження водія у стані несприятливого інформаційного перевантаження значно збільшується при дальності видимості 70–80 м. Величина інформаційного перевантаження вимірюється як зменшення швидкості переробки інформації водієм під час керування у відсотках.

P

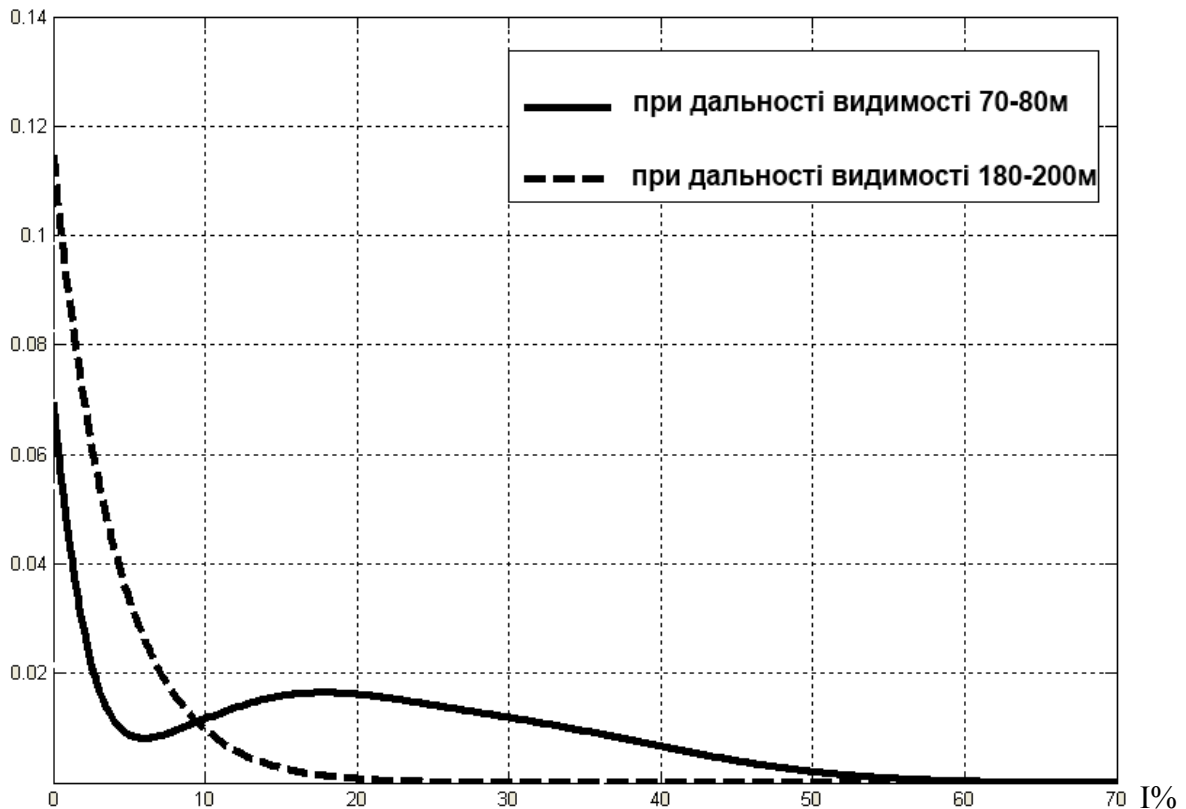


Рис. 4. Функції розподілу ймовірностей для інформаційного перевантаження водіїв великовантажних автосамоскидів

У результаті аналізу отриманих залежностей було встановлено, що значну частину робочого часу водії не підвержені інформаційному перевантаженню. Однак при керуванні в умовах дальності видимості 70–80 м виникає значна ймовірність перебування водія автосамоскида в стані істотного інформаційного перевантаження, що сприяє швидкому стомленню водія і, для запобігання чого, варто обмежити швидкість руху автосамоскидів за таких умов видимості.

Проведені дослідження показали, що ймовірність впливу психоемоційного напруження й інформаційного перевантаження на водія великовантажного автосамоскида значна і вимагає введення заходів щодо запобігання чи зниження впливу цих факторів на функціональний стан водія.

В умовах кар'єру зміна дальності видимості залежить від багатьох чинників, у тому числі і непередбачених кліматичних процесів, тому зміна дальності видимості являє собою спорадичне явище і з точки зору підвищення безпеки руху, потребує постійного контролю.

Четвертий розділ присвячений розробці системи моніторингу умов праці водіїв кар'єрних великовантажних автосамоскидів.

Одним із найдієвіших способів поліпшення безпеки й умов праці водіїв кар'єрного транспорту є моніторинг стану умов праці і рівня його безпеки. Це здійснюється контролем параметрів, значення яких вимірюються підсистемами контролю і обробляються з метою прийняття необхідних рішень.

Запропонована система моніторингу (рис. 5) складається з наступних підсистем.

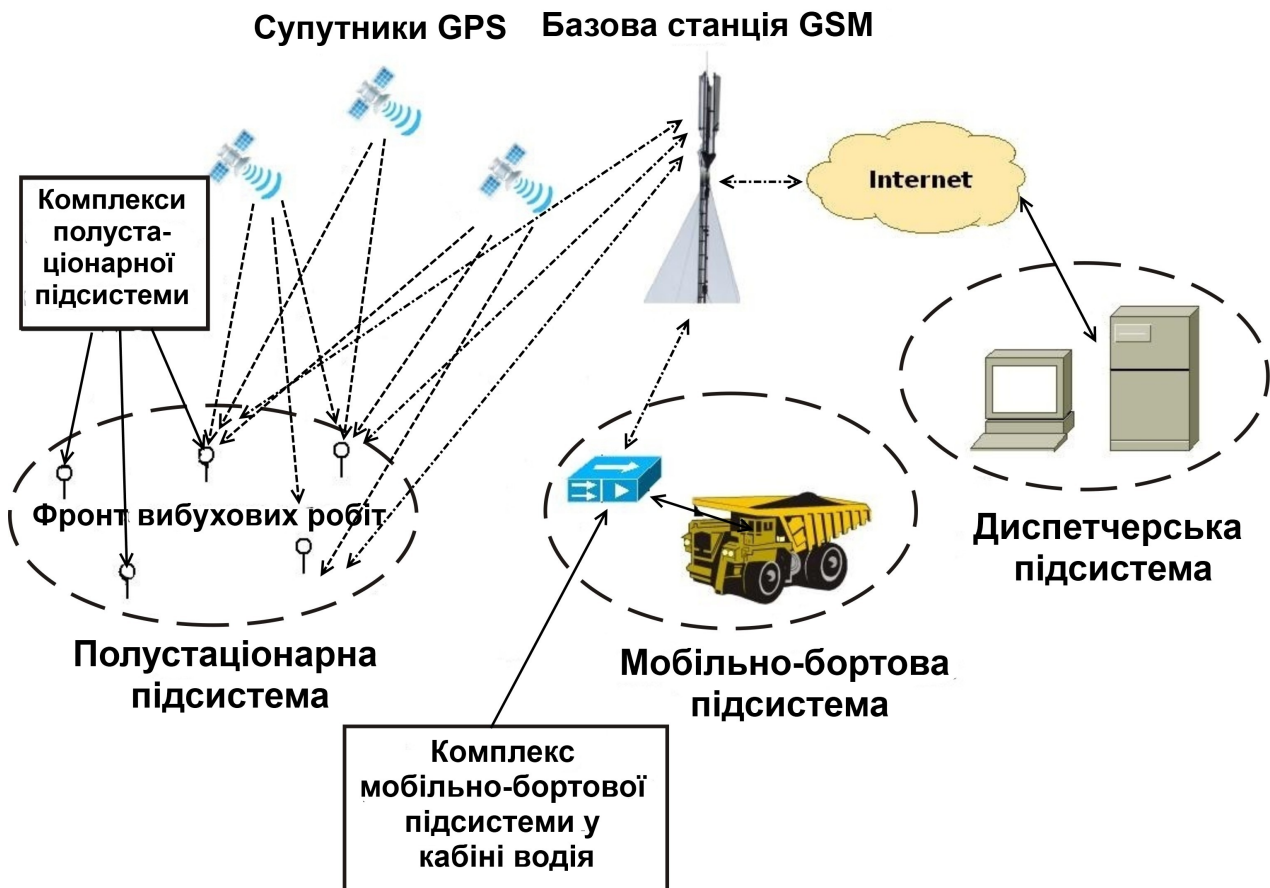


Рис. 5. Загальна структурна схема автоматизованої системи моніторингу умов праці водіїв(СМУП)

Мобільно-бортова підсистема (апаратний комплекс, встановлюваний у кабіні автосамоскида) призначена для збору й обробки даних з датчиків, сигналізації про перевищення ГДК, та для відправлення даних диспетчерській підсистемі. У підсистему входять наступні компоненти: головний процесор (приймає сигнали датчиків, контролює місцезнаходження і швидкість автосамоскида й обмін даними з диспетчерською підсистемою); датчик оксиду вуглецю; датчик концентрації пилу; модуль GPS (навігаційний GPS приймач з GPS антеною); модуль зв'язку (устаткування, для встановлення бездротового зв'язку з диспетчерською підсистемою).

Напівстаціонарна підсистема (контрольно-вимірювальне устаткування з передавачами, встановлений на робочій дільниці) призначена для збору й обробки даних з датчиків, а також для сигналізації про перевищення ГДК на території поблизу місць ведення гірничих робіт.

У цю підсистему входять компоненти: головний процесор (приймає сигнали датчиків, контролює місцезнаходження й обмін даними з диспетчерською підсистемою); датчик оксиду вуглецю; датчик концентрації пилу; модуль GPS (навігаційний GPS приймач з GPS антеною); модуль зв'язку (устаткування, для встановлення бездротового зв'язку з диспетчерською підсистемою).

Диспетчерська підсистема (програмно-апаратний комплекс, що складається з комп'ютера і програмного забезпечення) призначена для збору, обробки і збереження інформації, а також візуалізації даних, отриманих з мобільно-бортової і напівстаціонарної підсистем. Компонентами цієї підсистеми є: сервер (програмне забезпечення, що приймає підключення комплексів мобільно-бортової і напівстаціонарної підсистем а також обмінюється з ними даними); модуль бази даних сервера (модуль програмного забезпечення (ПЗ), призначений для з'єднання з базою даних і занесення даних, отриманих від комплексів, що підключилися); програма візуалізації і диспетчеризації (модуль ПЗ, призначений для відображення диспетчеру поточного і попередніх показань датчиків, місця знаходження і швидкості комплексів мобільно-бортової і напівстаціонарної підсистем, а також для відправлення їм команд); модуль програми візуалізації (модуль, призначений для поєднання з базою даних і вибірки даних, занесених сервером).

Інформаційний обмін необхідний тільки диспетчерській підсистемі з двома іншими підсистемами. Мобільно-бортова і напівстаціонарна підсистеми передають дані з датчиків для обробки і відображення їх диспетчеру, а також для запису їх у базу даних.

Кожна з підсистем реалізує наступні режими функціонування.

Мобільно-бортова: вимір значення швидкості місцезнаходження автосамоскида, його швидкості, показань датчиків газу і пилу, а також передача даних КДП; сигналізація про перевищення ГДК токсичного газу і пилу; сигналізація про перебування в небезпечній загазованій зоні; сигналізація про перевищення припустимої швидкості на небезпечній ділянці дороги.

Напівстаціонарна: вимір і передача на контрольно диспетчерський пункт (КДП) поточних значень концентрацій токсичного газу і пилу; сигналізація про їх перевищення ГДК.

Диспетчерська: прийом даних від мобільно-бортової і напівстаціонарної підсистем; обробка даних і запис у базу даних; відображення диспетчеру поточного місця знаходження автосамоскидів, їхньої швидкості, зон установки напівстаціонарних датчиків, поточних значень концентрації пилу і шкідливих газів; сигналізація про перевищення ГДК шкідливих газів і пилу, перевищенні допустимої швидкості на ділянці дороги; завдання небезпечних ділянок дороги на цифровій карті, ГДК газу і пилу.

СМУП забезпечує можливість одночасної роботи 50 користувачів для диспетчерської підсистеми, і не менш 10-ти користувачів для інших підсистем при наступних характеристиках часу відгуку системи: для операцій навігації між екранними формами системи - не більш 5 с, для операцій формування довідок і виписок - не більш 10 с. Також забезпечується можливість збереження даних моніторингу.

В кабінах автосамоскидів, що працюють у кар'єрах в умовах підвищеної забрудненості повітря пилом, його концентрація в зоні кабіни автосамоскида, при його завантаженні, перевищує ГДК в кілька разів.

З метою створення нормальних умов праці водіїв автосамоскидів при виконанні транспортних операцій запропонована система знепилювання (рис. 6)

для кабін кар'єрних автосамоскидів, що забезпечує значне зниження вмісту пилу, як при закритій, так і при відкритій кабіні (наприклад, при виконанні маневрів).

У залежності від величини теплового навантаження (зима, літо), знепилення в кабіні може здійснюватися разом з роботою кондиціонера. При цьому, повітря проходить через теплообмінний апарат змінюючи свої теплові та вологісні характеристики.

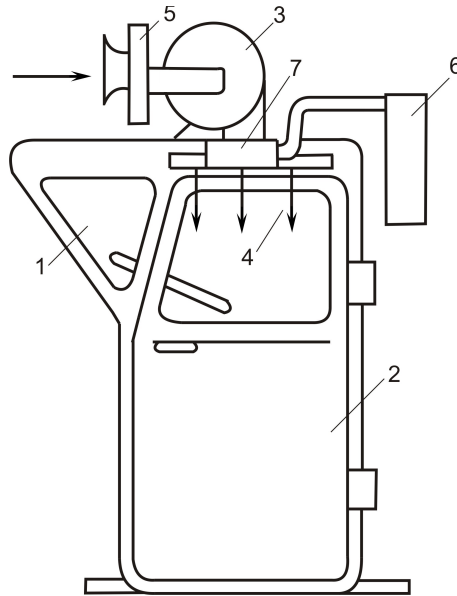


Рис. 6. Схема знепилення в кабіні водія великовантажного автосамоскида: 1 - кабіна; 2 - двері; 3 –вентилятор; 4 - повітряна завіса; 5 - фільтр; 6 - кондиціонер; 7 - теплообмінник

Для обґрунтування параметрів роботи повітряної завіси отримана формула, яка дозволяє розрахувати величину тиску, створювану завісою, з урахуванням діапазонів тиску, створюваних вентилятором, а потім підібрати режим роботи вентилятора, який забезпечує аеродинамічні параметри повітряної завіси.

$$p_z = \frac{f \cdot (p_n - p_e + 0,88 + \Delta p)}{F_z \cdot \sin \alpha} \quad , \text{Н/м}, \quad (13)$$

де F_z - площа щілин завіси, м; p_n - швидкісний напір вітру, Н/м²; Δp - різниця тисків у кабіні і зовні, Н/м²; p_e - надлишковий тиск, створюваний у кабіні вентилятором, Н/м²; α - кут установки завіси, град.

Розроблена система апробована та впроваджена в умовах гірничого виробництва Вільногірського ГМК.

ВИСНОВКИ

Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, в якій на основі уперше встановлених закономірностей виділення шкідливих домішок з підірваної гірської маси і формування небезпечного середовища, пов'язаного з основними технологічними процесами, вирішена актуальна науково-технічна

задача обґрунтування способів і засобів моніторингу параметрів охорони праці водіїв великовантажних автосамоскидів, які забезпечують нормальний стан умов праці на робочих місцях і високий рівень безпеки ведення гірничо-транспортних робіт на кар'єрах.

Основні наукові і практичні результати роботи полягають в наступному:

1. Виконано аналіз умов і безпеки праці при експлуатації транспортних систем з великовантажними автосамоскидами. Виявлено, що основними недоліками в системі безпеки водіїв кар'єрного транспорту є відсутність постійного контролю за параметрами робочого середовища кар'єра, в якій відбуваються негативні явища (виділення пилу і газів), що впливають на її санітарно-гігієнічний стан, а також процеси що впливають на рівень безпеки праці водія при виконанні транспортних робіт.

2. Запропоновано математичну модель опису процесу виділення токсичних газів після масового вибуху з обваленої гірської маси, яка відрізняється тим, що містить параметр, який характеризує інтенсивність переходу токсичного газу із зв'язаного у вільний стан, це дозволяє враховувати швидкість протікання процесу і адекватно описати процес газовиділення. На підставі розробленої моделі отримано аналітичний вираз для розрахунку коефіцієнта дифузії при завершенні шкідливого газу з підірваної гірничої маси з урахуванням її фракційного складу.

3. Встановлено закономірність зміни концентрації токсичних газів при виході їх з обваленого простору з урахуванням взаємодії суміші газів з обваленням шару руди і фільтраційним потоком повітря з токсичними газами, насичують поровий простір відбитої руди.

4. Встановлено, що в результаті аерогазодинамічних процесів, які протікають у обмеженому просторі, за певних обставин, можуть виникати умови, що сприяють появі «сплесків» концентрацій токсичних газів при виході їх з підірваної гірської маси в атмосферу робочих майданчиків кар'єра.

5. Проведена оцінка впливу швидкості руху на емоційну напруженість водія і визначена функція розподілу ймовірностей перебування водія в стані емоційної напруженості а також в стані інформаційного перевантаження в умовах транспортування гірської маси.

6. Дано обґрунтування параметрів пристроїв для нормалізації санітарно-гігієнічних умов праці водіїв у кабінах великовантажних автосамоскидів.

7. Вперше розроблено систему моніторингу охорони праці водіїв великовантажних автосамоскидів, що дозволяє поліпшити санітарно-гігієнічні умови праці на робочих місцях, підвищити рівень безпеки роботи водіїв та організувати роботу, пов'язану з навантаженням і транспортуванням гірської маси, на більш високому технологічному рівні.

Використання результатів дисертаційної роботи на практиці при організації транспортних операцій в кар'єрі і моніторингу параметрів охорони праці дозволяє істотно підвищити рівень безпеки гірничо-транспортних робіт і поліпшити санітарно-гігієнічні умови праці на робочих місцях водіїв великовантажних автосамоскидів.

Запропоновані способи і засоби оперативного моніторингу умов праці водіїв кар'єрних великовантажних автосамоскидів можуть бути використані також в умовах інших кар'єрів.

Основні положення і результати дисертації опубліковані у роботах:

1. Разработка информационной подсистемы мониторинга работы горного производства Вольногорского ГМК / Зберовский А.В., Собко Б.Е., Козакевич О.П., Баранов Ю.Д., Лысенко В.Г., Марченко В.В. // Збірник наукових праць НГУ – 2007.- № 28.– С. 56 – 62.
2. Марченко В.В. Выбор технологии реализации обмена данными системы контроля безопасности труда водителей карьерных большегрузных автосамосвалов / Марченко В.В. // Збірник наукових праць НГУ - 2008р. - № 31. – С. 258-261.
3. Зберовский А.В. Исследование скоростных режимов движения большегрузных автосамосвалов при разных уклонах карьерных дорог в условиях Вольногорского ГМК / Зберовский А.В., Марченко В.В., Русак И.С. // Геотехническая механика, сб. научных трудов – 2009. - 82 выпуск - С. 183-190.
4. Разработка автоматизированной системы мониторинга охраны труда водителей карьерных автосамосвалов / Зберовский А.В., Марченко В.В., Бас К.М., Таран И.А. // Збірник наукових праць НГУ – 2009. - № 33 том 2.– С. 133-140.
5. Марченко В.В. Дослідження процесу виносу шкідливих домішок з підірваної гірської маси в атмосферу робочих площадок кар'єру / Марченко В.В., Лебедев Я.Я., Кривцун Г.П. // Збірник наукових праць НГУ – 2010. - №35 т.2.– С. 240-246.
6. Марченко В.В. Особенности влияния скорости движения на психоэмоциональное состояния водителей большегрузных карьерных автосамосвалов в условиях Вольногорского ГМК / Марченко В.В., Русак И.С. // Збірник наукових праць НГУ – 2010. - №34 т.2 - С. 234 – 241.
7. Собко Б.Е. Разработка информационной системы контроля и управления работой горнотранспортного оборудования / Собко Б.Е., Марченко В.В., Лысенко В.Г. // Гірнична електромеханіка та автоматика. Науково-технічний збірник НГУ. – 2010. - №85.– С.112–118.
8. Зберовский А.В., Разработка программного комплекса для исследования скоростей движения большегрузных автосамосвалов при различных уклонах карьерных дорог в условиях Вольногорского ГМК /Зберовский А.В., Марченко В.В. // Матеріали першої науково-технічної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених НГУ «Наукова весна - 2010». - м. Дніпропетровськ, НГУ, 20 травня 2010 р.
9. Марченко В.Г. Дослідження процесу виносу шкідливих домішок з підірваної гірської маси в атмосферу робочих площадок кар'єру /Марченко В.Г., Марченко В.В.// Матеріали другої науково-технічної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених «Наукова весна - 2011». - м. Дніпропетровськ, НГУ, 25 березня 2011 р.

10. Марченко В.В. Анализ газодинамических процессов в воздухе рабочей зоны карьера при экскавации и погрузке горной массы в автосамосвалы / Марченко В.В. // Материалы IX конференции молодых ученых «Геотехнические проблемы разработки месторождений». - г. Днепропетровск, ИГТМ им. Н.С. Полякова, 17 ноября 2011.

Особистий внесок дисертанта в роботах, опублікованих у співавторстві, полягає в дослідженні параметрів процесу накопичення шкідливих домішок в вільному просторі між частками підірваної гірської маси і виносу їх в атмосферу робочих майданчиків кар'єру [5], дослідженні швидкісних режимів руху великовантажних кар'єрних автосамоскидів та їх впливу на психоемоційний стан водіїв [6], дослідженні процесів на гірничому виробництві ГМК та розробці шляхів для їх моніторингу [1], обробці даних натурних досліджень руху великовантажних автосамоскидів і встановленні залежностей швидкості від поздовжнього похилу кар'єрних доріг [3,8,9], проектуванні та розробці автоматизованої системи моніторингу умов праці водіїв кар'єрних великовантажних автосамоскидів [4], розробці інформаційної системи контролю і управління роботою гірничотранспортного обладнання [7].

АНОТАЦІЯ

Марченко В.В. Моніторинг умов праці водіїв великовантажних кар'єрних автосамоскидів. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.26.01 - «Охорона праці» Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет», Дніпропетровськ, 2012.

У дисертаційній роботі виконано аналіз умов і безпеки праці водіїв кар'єрних великовантажних автосамоскидів при експлуатації транспортних систем в кар'єрах. Встановлено, що основними недоліками в системі безпеки водіїв кар'єрних великовантажних автосамоскидів є відсутність постійного контролю за умовами праці водіїв, які би враховували явища виділення пилу і отруйних газів, а також процеси, що впливають на рівень безпеки праці водія при виконанні транспортних робіт.

Встановлена закономірність підвищення концентрації токсичних газів при виході їх із підірваної гірської маси з урахуванням взаємодії суміші газів із заваленим шаром руди і фільтраційного потоку повітря з токсичними газами, які насичують вільний простір відбитої гірської маси, що створює загрозу життю та здоров'ю водіїв.

Розроблена система моніторингу умов праці водіїв великовантажних автосамоскидів, що дозволяє поліпшити санітарно-гігієнічні умови праці на робочих місцях, підвищити рівень безпеки їх роботи і організувати виробничий процес, зв'язаний з навантаженням і транспортуванням гірської маси

Ключові слова: аерогазодинамічні процеси, система моніторингу, умови праці, великовантажні автосамоскиди, швидкість руху, інформаційне перевантаження.

АННОТАЦИЯ

Марченко В.В. Мониторинг условий труда водителей большегрузных карьерных автосамосвалов. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.26.01 - «Охрана труда» - Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», Днепропетровск, 2012.

В диссертационной работе решена актуальная научная задача мониторинга условий труда водителей большегрузных карьерных автосамосвалов, заключающаяся в установлении закономерностей процессов оказывающих влияние на санитарно-гигиенические условия и уровень безопасности труда водителей и разработке на их основе способов и средств мониторинга условий труда при эксплуатации карьерных большегрузных автосамосвалов.

Изучены особенности условий труда при выполнении транспортных операций водителями большегрузных автосамосвалов и дана оценка адаптационных возможностей водителей большегрузных карьерных автосамосвалов под воздействием информационной нагрузки по психофизиологическим показателям. Выяснено, что значительное количество вредных газов выделяется в атмосферу карьера из взорванной горной массы. Показано, что вследствие десорбции и накопления оксида углерода в свободном пространстве отбитой горной массы, из нее в воздух рабочей зоны карьера, после регламентированного по времени проветривания, при экскавации и транспортировании горной массы, выделяется СО в концентрациях значительно превышающих ПДК.

Установлено, что зависимость параметров, оказывающих влияние на уровень безопасности водителей большегрузных автосамосвалов в условиях карьера (информационная перегрузка и психоэмоциональная напряженность водителей), от скорости движения имеет характер кривой Гаусса, что свидетельствует о пребывании водителя автосамосвала в неблагоприятном для безопасности труда состоянии.

Предложена, теоретически и экспериментально обоснована система мониторинга условий труда водителей большегрузных автосамосвалов, позволяющая контролировать параметры охраны труда при выполнении основных технологических операций.

Выполненные в диссертационной работе теоретические и экспериментальные исследования могут быть использованы при осуществлении мониторинга условий труда на рабочих площадках и в горно-транспортном оборудовании в карьерах с различными горно-геологическими условиями.

Ключевые слова: аэрогазодинамические процессы, система мониторинга, условия труда, большегрузные автосамосвалы, скорость движения, информационная перегрузка

ANNOTATION

Marchenko V.V. Work conditions monitoring of drivers of heavy quarry dumptrucks. - Manuscript.

Dissertation for the degree of candidate of engineering science in the specialty 05.26.01 - "Protection of labour" - National Mining University, Dnepropetrovsk, 2012.

This thesis written analysis of the conditions and safety of drivers of heavy quarry dumptrucks in the operation of transportation systems in quarries. Found that major deficiencies in the security system of career drivers of heavy dump is the lack of direct control over the working conditions of drivers, which would take into account the selection effects of dust and poisonous gases as well as processes that affect the level of driver safety in the performance of transport works.

The established pattern of increased concentrations of toxic gases when they exploded from the mountain mass, taking into account the interaction of a mixture of gases with engulfed by a layer of ore and filtration flow of air with toxic gases, which saturate the free space reflected mountain mass that threatens life and health of drivers.

A system for monitoring working conditions of drivers of heavy dumptrucks was created, that helps to improve sanitary conditions in the workplace, improve security of their work and organize the production process associated with loading and transportation of the mountain mass.

Keywords: system monitoring, working conditions, heavy dumptrucks, speed, information overload.

МАРЧЕНКО В'ячеслав Володимирович

МОНІТОРИНГ УМОВ ПРАЦІ ВОДІЇВ ВЕЛИКОВАНТАЖНИХ
КАР'ЄРНИХ АВТОСАМОСКИДІВ

(Автореферат)

Підписано до друку 18.12.2012. Формат 60х90/16. Папір
офсетний. Умовн. друк. арк. 0,9. Обліково-видавн. арк. 0,9.
Тираж 130 екз. Замовлення № . Замовлене.

Державний ВНЗ «Національний гірничий університет»
49005, м. Дніпропетровськ, пр. К. Маркса, 19