

- Fent, G. Lysimeterversuche zum Abbau- und Verlagerungsverhalten des herbiziden Wirkstoffes Amidosulfuron in verschiedenen Boden mit besonderer Berücksichtigung des Nachbauerhaltens unter Einbeziehung von Gewachshausuntersuchungen [Text] : dis. PhD / G. Fent. – Bonn, 1992. – 115 p.
- Сметник, А. А. Прогнозирование миграции пестицидов в почвах [Текст] : дис. ...док. биол. наук / А. А. Сметник. – М., 1999. – 389 с.
- Мельников, Н. Н. Пестициды. Химия, технология и применение. [Текст] / Н. Н. Мельников. – М. : Химия, 1987. – 712 с.
- Попов, В. Е. Адсорбция и миграция токсичных хлорорганических соединений в почвах [Текст] : дис. ...канд. с/х наук / В. Е. Попов. – Ленинград, 1984. – 239 с.
- Афанасьева, А. И. Практикум по химической защите растений [Текст] : учеб. пособие / А. И. Афанасьева, Г. С. Груздев, Л. Б. Дмитриев ; под ред. Г. С. Груздева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Колос, 1992. – 271 с.
- Gustafsson, K. Bentazon an ecotoxicological evaluation [Text] / K. Gustafsson // Report from National Chemicals Inspectorate. – Solna, Sweden. – 1989. – 178 p.
- Сучасні екологічно чисті технології знезараження непридатних пестицидів [Текст] : монографія / В. Г. Петрук, О. Г. Яворська, А. П. Ранський, Р. В. Петрук та ін. ; під ред. В. Г. Петрука. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2003. – 253с.
- Wagenet, R. J., Rao, P. S. C. Modeling pesticide fate in soils. Pesticides in the Soil Environment: Processes, Impacts and Modeling [Text] / R. J. Wagenet, P. S. C. Rao // Soil Science Society of America. – 1990. – vol. 2. – P. 351-399.

Розроблена методика для вибору та обґрунтування заходів, що мають забезпечувати нормативне значення концентрації пилу в робочих зонах бурового обладнання. За допомогою наведеної методики виконано порівняльний аналіз вагомості альтернативних рішень з використанням технологічних параметрів та організаційних заходів пошуку найкращих альтернатив при бурінні підричних свердловин

Ключові слова: робоча зона, бурове обладнання, гірничі роботи, гранітний пил, кар'єр

Разработана методика для выбора и обоснования мероприятий, которые должны обеспечить нормативное значение концентрации пыли в рабочих зонах бурового оборудования. С помощью приведенной методики выполнен сравнительный анализ значимости альтернативных решений с использованием технологических параметров и организационных мероприятий поиска лучших альтернатив при бурении взрывных скважин

Ключевые слова: рабочая зона, буровое оборудование, горные работы, гранитная пыль, карьер

УДК 622.8: 622.727.1.3

МЕТОД ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАХОДІВ ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ ЗАПИЛЕННЯ РОБОЧИХ ЗОН ПРИ ВІДКРИТИХ ГІРНИЧИХ РОБОТАХ

Л. А. Сербінова

Провідний інженер

Національний науково-дослідний інститут
промислової безпеки та охорони праці

вул. Вавілових, 13, м. Київ, Україна, 04060

E-mail: Larisa_Serbinova@meta.ua

1. Вступ

Основною проблемою небезпечної пилової ситуації в Україні є незадовільний стан технічного гірничого обладнання, незадовільні режими його роботи, несприятливі метеокліматичні умови, технологічні помилки працівників. Для вибору заходів з нормалізації пилової обстановки в робочих зонах запропоновано застосувати методи чисельного моделювання, зокрема метод «вибору найкращих альтернатив».

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Аналіз літературних джерел [1 – 5] показав, що основу методичної бази, яка стосується оцінювання техногенної та екологічної безпеки об'єктів, до числа

яких належать кар'єри, складають методичні вказівки на нормативні акти, в яких за основу береться факт, що небезпечна подія – наднормативний викид пилу – відбулася. Тобто всі існуючі методи оцінювання базуються на тому, що на виході необхідно отримати зону забруднення або кількість постраждалих.

Окремі нормативні акти відомств містять регламент роботи установок та обладнання, а також вказують технічні умови на обладнання, сировину, за якими має працювати підприємство, а також правила техніки безпеки на певному підприємстві. Заходи для зменшення наднормативних викидів і способи підвищення рівня екологічної та техногенної безпеки, що пропонуються в нормативній та методичній базі не прив'язані до технологічних параметрів гірничого обладнання та характеристик зовнішнього середовища.

Тому розробка методу вибору заходів захисту від гранітного пилу на основі розв'язку багатокритеріальної задачі методом пошуку найкращих альтернатив є актуальною.

3. Мета роботи

Метою роботи є розробка методики визначення заходів захисту персоналу від гранітного пилу при бурінні свердловин та подрібненні гранітної маси дробарками.

4. Викладення основного матеріалу

Для вибору та обґрунтування заходів, що мають забезпечувати нормативне значення концентрації пилу в робочих зонах бурового та дробарного обладнання, розроблено методику на основі відомого методу пошуку найкращих альтернатив вибору [6 – 8]. Цей метод дозволяє виконати порівняльний аналіз вагомості альтернативних заходів захисту з урахуванням технологічних параметрів і організаційних заходів, передбачених нормативними документами. Найкращою вважається така альтернативна, яка має найбільший коефіцієнт вагомості ($W_j \geq 0$ при умові, що $\sum_{j=1}^n W_j = 1$).

Використовуючи запропонований метод чисельного моделювання можна визначити, який процес чи параметр для конкретного гірничого обладнання може спровокувати виникнення небезпечної пилової ситуації в кар'єрі. Особливістю запропонованого методу є те, що необхідно переглядати вагові коефіцієнти для кожного набору технологічних параметрів і характеристик зовнішнього середовища. Це дозволяє з більшою точністю оцінювати причини виникнення можливих небезпек виникнення пилового забруднення робочої зони, всього кар'єру та прилеглих до нього територій, для конкретних умов виконання робіт, а відповідно до цього застосовувати та рекомендувати до впровадження відповідні заходи. Критерії вибору заходів та засобів позначаються буквою R (з відповідним числовим індексом). Альтернативи позначаються буквою x (з відповідним числовим індексом).

Алгоритм вирішення такої задачі включає кілька кроків [6 – 8]:

1) приймаються наступні умови для побудови функції вибору альтернатив (заходів захисту з урахуванням технологічних параметрів і організаційних заходів):

$$fR_i(x_i, x_j) = \begin{cases} 1, & x_i > x_j, x_i \approx x \\ 0 & \end{cases}, \quad (1)$$

де $fR_i(x_i, x_j)$ - функція вибору альтернатив;
 x_i, x_j - альтернативні значення параметрів заходів захисту від гранітного пилу;

R_i - характеристична функція, яка приймає значення від 0 до 1);

0 – альтернатива не має ваги;

1 – альтернатива має вагу.

2) будується нечітке відношення Q_1 , яке є перетином вхідних альтернатив (перша згортка):

$$fQ_1(x_i, x_j) = \min(fR_1(x_i, x_j), \dots, fR_m(x_i, x_j)). \quad (2)$$

3) виконується визначення строгої переваги Q_1^s , тобто ступеня, за яким альтернатива x_i краща x_j та будується функція належності:

$$fQ_1^s(x_i, x_j) = \max(0, fQ_1(x_i, x_j), \dots, fQ_1(x_i, x_j)). \quad (3)$$

4) визначається множина не домінуючих альтернатив за першою згорткою:

$$f^{nd}Q_1(x_i) = 1 - \max fQ_1^s(x_i, x_j); \quad (4)$$

5) визначається друга згортка:

$$fQ_2 = \sum_{j=1}^n W_j R_j, \quad (5)$$

де W - коефіцієнт вагомості.

Будується функція належності:

$$fQ_2(x_i, x_j) = \sum_{j=1}^n W_j fR_j(x_i, x_j). \quad (6)$$

6) аналогічно, визначають не домінуючі альтернативи за другою згорткою $f^{nd}Q_2(x_i)$ та будується функція належності;

7) визначаються не домінуючі альтернативи за другою згорткою;

8) визначаються не домінуючі альтернативи за двома згортками та береться перетин за першою та другою згортками;

9) найкращою слід вважати таку альтернативу x_0 , для якої ступінь не домінування за обома згортками максимальний:

$$fQ^{nd}(x_0) = \max fQ^{nd}(x). \quad (7)$$

З використанням наведеного методу виконано вибір заходів захисту працівників при бурінні підірвних свердловин в типовому гранітного кар'єру від наднормативних викидів пилу (табл. 1).

В табл. 1 наведено критерії для вибору заходів захисту працівників при бурінні підірвних свердловин в типовому гранітного кар'єру. Критеріями, тобто найбільш імовірними причинами наднормативних викидів пилу при бурінні підірвних свердловин, є технічні параметри та метеорологічні характеристики; тип та строк експлуатації бурового станка; тип обладнання для очищення забрудненого повітря, що виходить із свердловини; діаметр робочого інструменту бурового станка; технологія буріння; параметри компресора; кваліфікаційний рівень персоналу.

Також в табл. 1 наведено перелік альтернативних заходів захисту працівників при бурінні підірвних свердловин.

Альтернативами, тобто можливими наслідками викидів, приймаємо: незадовільний стан обладнання; недостатня ступінь очистки повітря під час роботи; діаметр підірвної свердловини; потужність подачі повітря в свердловину; рельєф, місце розташування на уступі та час проведення робіт; недостатній кваліфікаційний рівень персоналу; технологічна помилка.

Одним з найголовніших етапів запропонованого методу є побудова відношення переваг для побудови першої згортки за формулою (1).

Таблиця 1

Перелік критеріїв вибору та альтернатив причин виникнення наднормативних викидів пилу при бурінні підричних свердловин

| Критерії | | Альтернативи | |
|----------------|--|----------------|--|
| R ₁ | Технічні параметри та метеорологічні характеристики | x ₁ | Незадовільний стан обладнання |
| R ₂ | Тип та строк експлуатації бурового станка | x ₂ | Недостатня ступінь очистки повітря під час роботи |
| R ₃ | Тип обладнання для очищення забрудненого повітря, що виходить із свердловини | x ₃ | Діаметр підривної свердловини |
| R ₄ | Діаметр робочого інструменту бурового станка | x ₄ | Потужність подачі повітря в свердловину |
| R ₅ | Технологія буріння | x ₅ | Рельєф, місце розташування на уступі та час проведення робіт |
| R ₆ | Параметри компресора | x ₆ | Недостатній кваліфікаційний рівень персоналу |
| R ₇ | Кваліфікаційний рівень персоналу | x ₇ | Технологічна помилка |

Для першого критерію R₁ відношення переваг з альтернативами (наслідками) можна описати так: найбільш впливають технічні параметри та метеорологічні характеристики, недостатній ступінь очистки повітря під час роботи та рельєф, місце розташування на уступі та час проведення робіт, всі інші впливають менше (табл. 2). За допомогою знаків відношення записується наступний вираз з використанням формули (1):

$$R_1 : x_2 \sim x_5 > x_1 \sim x_3 \sim x_4 \sim x_6 \sim x_7. \quad (8)$$

Починаємо вибір заходів і засобів захисту персоналу з того, що будемо функцію приналежності із заданим відношенням альтернатив для критерію R₁.

Таблиця 2

Матриця fR₁ для критерію R₁

| x _i / x _j | x ₁ | x ₂ | x ₃ | x ₄ | x ₅ | x ₆ | x ₇ |
|---------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| x ₁ | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| x ₂ | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| x ₃ | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| x ₄ | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| x ₅ | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| x ₆ | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| x ₇ | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |

В табл. 2 наведено матрицю альтернатив для критерію R₁, в якій значення «0» – альтернатива не має ваги та «1» – альтернатива має вагу. Бачимо, що найбільше на наднормативні викиди пилу при розгляді технічних параметрів та метеорологічних характеристик, впливають недостатня ступінь очистки повітря під час роботи та рельєф, місце розташування на уступі та час проведення робіт.

Далі будемо нечітке відношення критеріїв (табл. 3), яке є перетином вхідних альтернатив або перша згортка, fQ₁ з використанням формули (2).

Таблиця 3

Матриця fQ₁ для критерію R₁...R₇

| x _i / x _j | x ₁ | x ₂ | x ₃ | x ₄ | x ₅ | x ₆ | x ₇ |
|---------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| x ₁ | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| x ₂ | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| x ₃ | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| x ₄ | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| x ₅ | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| x ₆ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| x ₇ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |

Аналогічно будуються матриці переваг для всіх інших критеріїв (так як для буріння вибрано сім критеріїв, то будуються fR₁ ... fR₇) вибору заходів або засобів захисту персоналу від гранітного пилу при бурінні свердловин.

Далі визначаємо відношення строгих переваг, будемо функцію приналежності fQ_{s1} та визначаємо множину не вагомих альтернатив, після чого будемо функцію приналежності fQ^s_{1н.д.}.

Таблиця 4

Множина не вагомих альтернатив та функція приналежності fQ^s_{1н.д.}

| x _i / x _j | x ₁ | x ₂ | x ₃ | x ₄ | x ₅ | x ₆ | x ₇ |
|---------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| x ₁ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| x ₂ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| x ₃ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| x ₄ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| x ₅ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| x ₆ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| x ₇ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| μQ _{1н.д.} | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

З табл. 4 видно, що на даному етапі всі критерії вибору заходів захисту є вагомими, тобто необхідно продовжити визначення.

Наступним кроком є визначення строгих переваг альтернатив (заходів захисту з урахуванням технологічних параметрів і організаційних заходів) та встановлення множини мало вагомих альтернатив за першою згорткою fQ₂(x,y) (табл. 5).

В табл. 5 наведено взаємозв'язок альтернатив, на основі даної матриці будується друга згортка багатокритеріальної задачі та виконується вибір найкращої альтернативи.

Тобто, визначаємо відношення строгих переваг і будемо функцію належності fQ_{s2}(x,y), після чого визначаємо множину мало вагомих альтернатив і будемо функцію належності fQ^s_{2н.д.}.

Наступним кроком є визначення множини не домінуючих альтернатив за двома згортками (fQ^s_{1н.д.} та fQ^s_{2н.д.}) і побудова функції належності fQ_{н.д.}.

Таблиця 6

Матриця визначення не домінуючих альтернатив $fQ_{н.д.}$

| x_i / x_j | x_1 | x_2 | x_3 | x_4 | x_5 | x_6 | x_7 |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| x_1 | 0,5 | 0,75 | 0 | 0,45 | 0,8 | 0,55 | 0,75 |
| x_2 | 0 | 0 | 0 | 0,4 | 0 | 0,55 | 0 |
| x_3 | 0 | 0,35 | 0,4 | 0,4 | 0,8 | 0,5 | 0,75 |
| x_4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| x_5 | 0 | 0 | 0 | 0,4 | 0 | 0,45 | 0 |
| x_6 | 0 | 0 | 0 | 0,4 | 0 | 0 | 0 |
| x_7 | 0 | 0,6 | 0 | 0,4 | 0,8 | 0 | 0 |
| $fQ_{2н.д.}^s$ | 0,5 | 0,65 | 0,6 | 0,6 | 0,2 | 0,55 | 0,25 |
| $fQ_{1н.д.}^s$ | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| $fQ_{н.д.}$ | 0,5 | 0,65 | 0,6 | 0,6 | 0,2 | 0,55 | 0,25 |

З табл. 6 видно, що отримані результати альтернатив характеризують показник вагомості причин виникнення наднормативного викиду пилу при бурінні свердловин, які були використані при розробці інформаційно – аналітичної системи для обґрунтування пилобезпечних параметрів технологічних процесів буріння свердловин у гранітних кар'єрах і рекомендації щодо вибору заходів і засобів для захисту працівників від наднормативного запилення робочих зон [9, 10].

Найкращою серед запропонованих альтернатив є x_2, x_3, x_4 , оскільки вони мають максимальні значення коефіцієнтів вагомості функції приналежності $fQ_{н.д.}$. Тобто, за даними альтернативами, а саме недостатня ступінь очистки повітря під час роботи, діаметр підривної свердловини, потужність подачі повітря в свердловину, досягнемо найкращого результату.

5. Висновки

Таким чином, для вибору та обґрунтування заходів, що мають забезпечувати нормативне значення концентрації пилу в робочих зонах бурового обладнання, розроблено методику за допомогою якої виконано порівняльний аналіз вагомості альтернативних рішень з використанням переліку (табл. 1), що включає технологічні параметри та організаційні заходи пошуку найкращих альтернатив при бурінні підривних свердловин. А вирішення багатокритеріальної задачі методом пошуку найкращих альтернатив, за умови браку інформації, дозволяє чисельно оцінити ймовірність виникнення наднормативного викиду гранітного пилу з тієї чи іншої причини. Та відповідно до цього рекомендувати найкращий доступний спосіб для підвищення рівня безпеки гірничого обладнання та захисту працівників тощо.

Література

1. Стоєцький, В. Ф. Управління техногенною безпекою об'єктів підвищеної небезпеки [Текст] / В. Ф. Стоєцький, Л. В. Дранишников, А. Д. Єсипенко // Тернопіль: Астон, 2006. - 408 с.
2. Алымов, В. Т. Техногенный риск. Анализ и оценка [Текст] / В. Т. Алымов, Н. П. Тарасова. - М. : ИЦК Академия, 2005. – 118 с.
3. Швыряев, А. А. Оценка риска от систематического загрязнения атмосферы в исследуемом регионе [Текст]: Методические указания к задаче практикума / А. А. Швыряев, В. В. Меньшиков. - М. : Изд-во Химич. фак. Моск. ун-та, 2002. – 41 с.
4. Методика визначення ризиків та їх прийнятних рівнів для декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки. – К. : Основа, 2003. – 191 с.
5. Сербінова, Л. А. Оцінка забруднення робочих зон гранітного кар'єру за пиловим фактором [Текст] / Л. А. Сербінова, А. О. Водяник, О. М. Бесараб // Збірник "Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва". – Науково-виробничий збірник: Кременчуцький національний університет ім. М. Остроградського. – Кременчук : КНУ, 2011. – Вип. 2/2011(8). – С. 103 – 110.
6. Зайченко, Ю. П. Дослідження операцій [Текст]: Підручник / Ю. П. Зайченко. – К. : Видавничий Дім «Слово», 2006. - 816 с.
7. Зайченко, Ю. П. Исследование операций [Текст]: Учеб. Пособие для студентов вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Киев: Вища Школа. Головное издат-во, 1979. – 392 с.
8. Орловский, П. Н. Системный анализ основные понятия, принципы, методология [Текст]: Учебн. Пособие / П. Н. Орловский. – К. : ІЗМН, 1996. – 360 с.
9. Спосіб обґрунтування заходів і засобів з нормалізації запиленості робочої зони при бурінні свердловин у гранітному кар'єрі [Текст]: Пат. 75873 Україна, МПК В 08 В 17/00, Е 21 С 37/00 / Сербінова Л. А., Водяник А. О. – заявники і патентотримувачі; заявл. 11.09.2012; опубл. 10.12.2012, Бюл. № 23.
10. Сербінова, Л. А. Інформаційно - аналітична система управління запиленістю робочої зони при бурінні свердловин у гранітному кар'єрі [Текст] / Л. А. Сербінова // Вісник житомирського державного технологічного університету. Серія «Технічні науки»: Зб. наук. праць. – №. 3(62)/2012 (том. 1). – С. 137 – 141.