

УДК 614.84

Е.А. Дармофал

Харківська державна академія фізичної культури, Харків

ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ ВИКИДІВ ШАХТНИХ КОМПЛЕКСІВ ШЛЯХОМ ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО СПОВІЩЕННЯ ТА БАГАТОРІВНЕВОЇ ФІЛЬТРАЦІЇ

У статті представлена імовірнісна модель, що дає можливість забезпечення екологічної безпеки шахтних викидів без перевищення гранично допустимої концентрації (ГДК) при мінімальних витратах на їх утримання. Модель розрахована на використання гірничовидобувною структурою шахтних регіонів з будь-якою кількістю вентиляційних стовбурів.

Ключові слова: інформаційна технологія, вентиляційний викид, шахтний комплекс.

Вступ

Забруднення атмосферного повітря є однією із самих серйозних екологічних проблем багатьох країн світу [1 – 3]. Вплив забрудненого повітря на здоров'я людини проявляється через скорочення середньої тривалості життя, збільшення кількості передчасних смертей, ріст захворюваності й негативний вплив на працездатність.

Основне забруднення атмосфери вуглевидобувними підприємствами відбувається при видобутку вугілля [4 – 6]. Вугільна промисловість входить у першу десятку галузей промисловості за рівнем утворення й викидів шкідливих речовин в атмосферу [7]. Працюючи безперервно, вугільні шахти викидають із вентиляційних стовбурів значні обсяги забрудненого повітря, що містять велику кількість вуглепородного пилу, метану, інших домішок, чим створюють забруднення атмосфери, тобто змінюють її склад в результаті попадання до неї речовин, які не містяться в її постійному природному складі. Такі домішки несприятливо впливають на навколишнє середовище, їх називають забруднюючими повітря речовинами.

Розглянемо проблему недостатнього рівня очищення вентиляційних викидів шахтних комплексів, коли разом з крупнодисперсними фракціями пилу в якийсь момент часу (причини в рамках цієї статті розглянуті не будуть) з'являються дрібнодисперсні пилові викиди і у зв'язку з цим має місце не прогнозована кількість позаштатних ситуацій. Пропонується ймовірнісний розрахунок надійності роботи системи, забезпеченої резервним (додатковим) роторним фільтром при мінімальній вкладенні капіталу в її утримання.

Шахти обладнані так званим оповіщувачем, який покликаний вимірювати рівень пилу в викидах. Фільтрація першої ступені повністю виконує своє завдання, працюючи в штатному режимі, і забезпечує екологічну безпеку викидів. Як тільки вона стає недостатньою, тобто настає момент прогнозованого перевищення гранично допустимої концентрації

на виході, підключається фільтр другого ступеня – розроблений нами роторний фільтр для вловлювання дрібнодисперсного пилу.

У літературі, як правило, визначення надійності і ризику зводяться до «гуманітарного» поняття, заснованого на інтуїтивних представленнях [8 – 10]. Такий «гуманітарний» підхід не дає можливості проводити будь-які чисельні розрахунки, що б дозволили визначити величину підвищення надійності (зменшення ризику) і обчислити економічні витрати, що відповідають цій величині. Тому **метою статті** є розробка інформаційного забезпечення екологічної безпеки вентиляційних викидів шахтних комплексів шляхом застосування системи автоматичного сповіщення та багаторівневої фільтрації

Результати досліджень

Перед будь-яким гірничим підприємством ставиться завдання забезпечення безперебійних фільтрацій шахтних викидів. Для цього, крім всього іншого, необхідно розрахувати достатню кількість одиниць фільтрів різних конструкцій враховуючи неоднорідність шахтних викидів. Підприємству необхідно забезпечити такий конструктив фільтруючих систем, який, з одного боку, міг би дати стабільну роботу гірничовидобувного комплексу шляхом застосування фільтрів, максимально придатних для даного виду викидів, а, з іншого боку, забезпечувався мінімальними вкладеннями коштів на їх утримання.

Нехай є деяка фільтруюча система С. Подією A_C назовемо штатне функціонування системи С протягом деякого відрізка часу Δt_C . Визначимо надійність системи С як ймовірність $P(A_C)$ події A_C . Границі чисельного виміру надійності визначаються подвійною нерівністю

$$0 \leq P(A_C) \leq 1. \quad (1)$$

Ризиком для системи С будемо називати ймовірність $P(\overline{A_C})$ того, що подія A_C не відбудеться. Тут і далі риса означає протилежну подію.

Оскільки події A_C і $(\overline{A_C})$ утворюють повну систему подій, то між надійністю і ризиком існує таке співвідношення:

$$P(A_C) + P(\overline{A_C}) = 1. \quad (2)$$

Як правило, на практиці технічні можливості не дозволяють довести надійність до 1 (тобто звести ризик до нуля).

У цьому випадку для кожної конкретної системи необхідно ввести границі надійності за допомогою нерівності

$$P(A_C) \geq P_{\min}(A_C) \quad (3)$$

або границі ризику, що згідно (2) і (3) даються співвідношенням

$$P(A_C) \leq 1 - P_{\min}(A_C) = P_{\max}(\overline{A_C}) \quad (4)$$

Чисельне значення $P_{\min}(A_C)$ визначається для кожної конкретної системи C виходячи з технічних і економічних можливостей, а також міри збитку і втрат, обумовлених подією $\overline{A_C}$.

Поряд з «гуманітарними» визначеннями надійності і ризику в літературі також містяться і строгі математичні методи опису випадкових процесів.

Однак при цьому, як правило, залишається зовсім незрозумілим, як використовувати ці строгі математичні методи при рішенні задач щодо збільшення надійності для фільтруючих систем.

Таку ситуацію прекрасно ілюструє відомий вислів вченого Х. Штейнхауза, який писав, що: «З будинку реальності легко зайти у нетрі математики, але лише деякі здатні повернутися назад».

Обчислюємо збільшення надійності системи за рахунок посилення її додатковим роторним фільтром запропонованої нами системи моніторинг – контроль – реагування – фільтрація (рис. 1).

При цьому загальна постановка задачі, що дозволяє застосувати її рішення до різних систем буде сполучатися з конкретними чисельними результатами.

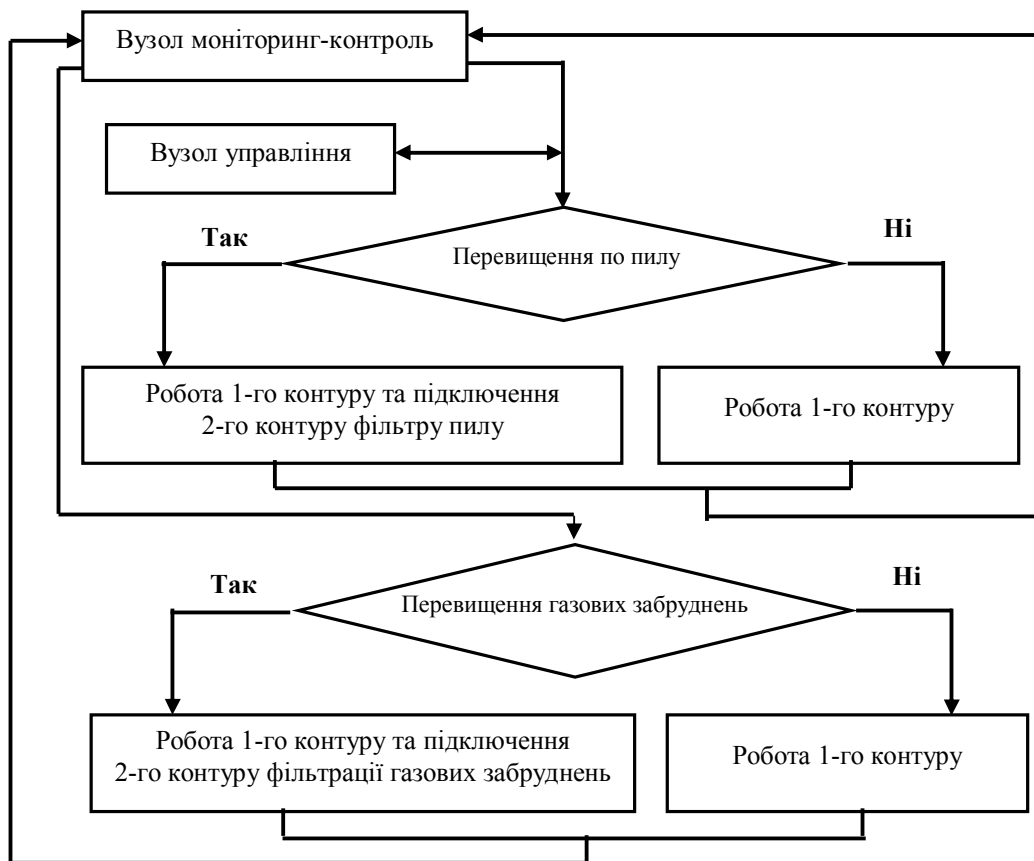


Рис. 1. Система моніторинг – контроль – реагування – фільтрація шахтових газових та пилових викидів

Розглянемо систему C , що містить кілька підсистем. Ми обмежимося випадком із двома підсистемами C_1 і C_2 . (рис. 2).

Як буде видно з приведених нижче розрахунків, узагальнення на будь-яке число підсистем не зустрічає принципових труднощів.

Подіями A_C , A_{C1} , A_{C2} , назвемо штатне функціонування відповідно всієї системи C і відповідно утворюючих її двох підсистем C_1 і C_2 .

Виходячи з визначення добутку двох подій, одержимо

$$A_C = A_{C1} A_{C2}. \quad (5)$$

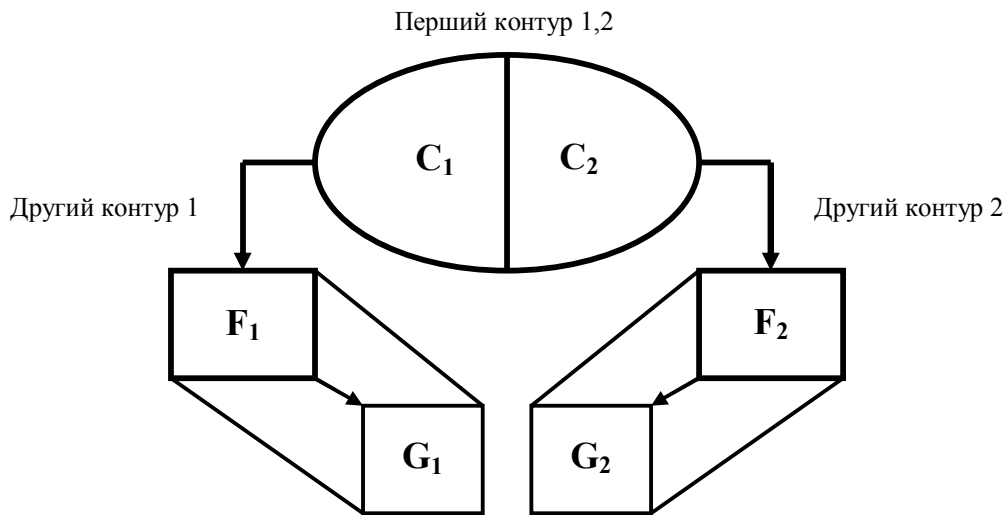


Рис. 2. Система з додатковим контуром фільтрації

Якщо події A_{C1} та A_{C2} незалежні, то згідно (5) надійність системи C дорівнює добутку надійностей систем C_1 і C_2 :

$$P(A_C) = P(A_{C1}) P(A_{C2}). \quad (6)$$

Припустимо, що ситуація така, що надійність системи C , яка розрахована по формулі (6), виявляється менше припустимої границі надійності, обумовленої нерівністю (3). При цьому немає або технічних, або економічних можливостей підвищити надійність (6) шляхом удосконалювання підсистем C_1 і C_2 .

Виходом із ситуації, що створилася, може виявитися підключення відповідно до підсистем C_1 і C_2 підсилюючих систем фільтрації G_1 і G_2 , які за допомогою перемикаючих пристроїв F_1 і F_2 (в нашому конкретному випадку оповіщувачів, що вимірюють рівень пилових викидів) почнуть виконувати функції відповідно підсистем C_1 і C_2 у випадках, коли їх робота не буде відповідати штатним вимогам.

Створення підсилюючих систем фільтрації може виявитися істотно більш простою задачею, ніж удосконалювання систем C_1 і C_2 , оскільки вірність дій оповіщувачів вважаємо своєчасною, тоді і підсилюючі системи можуть бути розраховані на роботу протягом відносно малих проміжків часу, так що

$$\Delta t_F < \Delta t_G \ll \Delta t_C. \quad (7)$$

Часи роботи оповіщувачів Δt_F і часи роботи підсилюючих систем Δt_G повинні бути такими, щоб протягом цього терміну можна було прийняти всі необхідні заходи для усунення нестабільної роботи, зв'язаної з подіями $\overline{A_{C1}}$ і $\overline{A_{C2}}$.

Обчислимо надійність $P(A_{CFG})$ системи CFG , що, поряд з вихідною системою C , містить дві дії оповіщувачів F_1 і F_2 і два підсилюючих роторних фільтри G_1 і G_2 (рис. 1).

Тут подія (A_{CFG}) – безвідмовна робота системи CFG . При цьому передбачається, що надійність оповіщувачів $P(A_{F1})$, $P(A_{F2})$ і надійності підсилюючих роторних фільтрів $P(A_{G1})$, $P(A_{G2})$ незалежні і відомі.

Тут події A_{F1} і A_{F2} – безвідмовна робота оповіщувачів протягом часу Δt_F , а події A_{G1} і A_{G2} – безвідмовна робота підсилюючих роторних фільтрів для фільтрації дрібнодисперсного пилу протягом часу Δt_G .

Зручно підсистему C_1 , що видає F_1 і підсилюючу систему G_1 , розглядати як єдину підсистему $CFG1$. Надійність такої підсистеми $P(A_{CFG1})$ визначається подією A_{CFG1} , якою є функціонування підсистеми $CFG1$ кожним з можливих способів. При цьому подія A_{CFG1} розпадається на два варіанти:

- 1) функціонує в штатному режимі підсистема C_1 ;
- 2) підсистема C_1 не функціонує, але спрацював оповіщувач F_1 і функціонує підсилююча система G_1 .

Зі сказаного випливає рівність

$$A_{CFG1} = A_{C1} + \overline{A_{C1}} A_{F1} A_{G1}. \quad (8)$$

Якщо всі системи працюють незалежно одна від одної, то для надійності підсистеми $CFG1$, виходячи з (8), маємо

$$P(A_{CFG1}) = P(A_{C1}) + P(\overline{A_{C1}}) P(A_{F1}) P(A_{G1}). \quad (9)$$

Аналогічно для надійності підсистеми $CFG2$ (яка утримує підсистему C_2 , що видає F_2 і підключає підсилюючу систему G_2) одержимо

$$P(A_{CFG2}) = P(A_{C2}) + P(\overline{A_{C2}}) P(A_{F2}) P(A_{G2}). \quad (10)$$

Подія A_{CFG} (функціонування системи CFG), очевидно, дорівнює

$$A_{CFG} = A_{CFG1} A_{CFG2} \quad (11)$$

Зі співвідношень (7), (9), (10) і (11) для надійності систем CFG одержимо

$$P(A_{CFG}) = P(A_{C1})P(A_{C2}) + P(A_{C1})[1-P(A_{C2})] \times \\ \times P(A_{F2})P(A_{G2}) + P(A_{C2})[1-P(A_{C1})]P(A_{F1})P(A_{G1}) + (12) \\ + P(A_{F1})P(A_{F2})P(A_{G1})P(A_{G2})[1-P(A_{C1})][1-P(A_{C2})].$$

Формула (12) вирішує поставлену задачу. Перший доданок у правій частині рівності (12), згідно (6), дає надійність системи С, коли підсилюючи роторні фільтри відсутні. Другий, третій і четвертий доданки в (12) визначають збільшення надійності системи С, коли маємо підсилюючи системи. Ризик для події A_{CFG} визначається формулами (2) і (12).

Згідно (12), надійність системи CFG прагне до одиниці, а ризик прагне до нуля, коли прагнуть до одиниці надійність роботи оповіщувачів F і підсилюючих систем, що в нашому випадку складається з роторного фільтра G розробленої нами конструкції. Відзначимо, що одержання великої величини надійності останніх може бути досягнуте завдяки нерівності (7), що допускає малі відрізки часу роботи оповіщувачів F і системи G – роторного фільтра запропонованої нами конструкції.

Висновки

Імовірнісна модель, що представлена, дає можливість забезпечення екологічної безпеки шахтних викидів без перевищення ГДК при мінімальних витратах на їх утримання.

Модель розрахована на використання гірничовидобувною структурою шахтних регіонів з будь-якою кількістю вентиляційних стовбурів, тобто вона може бути застосована для системи С (гірничовидобувний комплекс), що містить N_n підсистем (шахт) з підсилюючими пристроями-системами (роторними фільтрами, що справляються з дрібнодисперсним пилом шахтних викидів, з яким не в змозі впоратись діючи на шахтах фільтри в силу інших конструктивних задач, що вони покликані вирішувати).

Список літератури

1. Адаменко М.І. Співставлення надійності різноманітних груп приладів з метою профілактики надзви-

чайних ситуацій / М.І. Адаменко, О.В. Гелета // Науковий вісник будівництва. – Х.: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2004. – Вип. 28. – С. 66-69.

2. Адаменко М.І. Надзвичайні ситуації регіонального та державного рівня на спеціалізованих об'єктах. Профілактика та локалізація / М.І. Адаменко // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС, 2006. – Вип. 4 (53). – С. 32-34.

3. Adamenko M. The Stochastic Model of Reliability for City Public Transport Operation / M. Adamenko, O. Palant // Молодой учёный. – Чита, 2013. – № 8 (55). – С. 67-69.

4. Ємець М.А. Особливості впливу гірничодобувних підприємств на довкілля і засновані на них принципи організації регіонального екологічного моніторингу / М.А. Ємець // Екологія і природокористування. – Дніпропетровськ : ІППЕ НАН України, 2010. – Вип. 13. – С. 164-176.

5. Основні положення методології створення системи моніторингу навколишнього природного середовища гірничодобувних регіонів / П.І. Копач, Н.В. Горобець, Т.Г. Данько, Л.В. Бондаренко // Екологія і природокористування. – Дніпропетровськ : ІППЕ НАН України, 2009. – Вип. 12. – С. 181-187.

6. Волкова Т.П. Анализ выбросов загрязняющих веществ угледобывающих предприятий / Т.П. Волкова, В.В. Фалевич // Наукові праці ДонНТУ. Сер. гірничо-геологічна. – 2008. – Вип. 8 (136). – С. 44-50.

7. Информационный бюллетень за 2010 год. Состояние работ по прогнозу загрязнения воздуха в городах Украины, 2011. – 68 с.

8. Матеріали впровадження нового механізму регулювання викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря / За ред.. С.С. Куруленка. – К.: ДЕІ Мінприроди України, 2007. – 216 с.

9. Дармофал Э.А. Моделирование распространения суммарного загрязнения воздуха при шахтной добыче полезных ископаемых [Электронный ресурс] / Э.А. Дармофал // Библиотека ИВТН-2011. Информационно-вычислительные технологии в решении фундаментальных проблем и прикладных научных задач. Сб. материалов. – М., 2001. – С. 23-24. – Режим доступа: www.ivtn.ru.

10. Дармофал Э.А. Техническое обслуживание систем наблюдения за экологически опасным влиянием шахтных выбросов на окружающую среду / Э.А. Дармофал, Н.И. Адаменко // Вестник ДГМА. – 2014. – № 1(32). – С. 39-42.

Надійшла до редколегії 26.12.2014

Рецензент: д-р техн. наук, проф. М.І. Адаменко, Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна, Харків.

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ ВЫБРОСОВ ШАХТНЫХ КОМПЛЕКСОВ ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ИЗВЕЩЕНИЯ И МНОГОУРОВНЕВОЙ ФИЛЬТРАЦИИ

Э.А. Дармофал

В статье представлена вероятностная модель, которая дает возможность обеспечения экологической безопасности шахтных выбросов без превышения предельно допустимой концентрации при минимальных расходах на их содержание. Модель рассчитана на использование горнодобывающей структурой шахтных регионов с любым количеством вентиляционных стволов.

Ключевые слова: информационная технология, вентиляционные выбросы, шахтный комплекс.

INFORMATIVE PROVIDING OF ECOLOGICAL SAFETY OF MINE COMPLEXES VENT EXTRASS BY APPLICATION OF THE SYSTEM OF AUTOMATIC NOTIFICATION AND MULTILEVEL FILTRATION

E.A. Darmofal

A probabilistic model which enables providing of ecological safety of mine extrass without exceeding maximum of possible concentration at minimum charges on their maintenance is presented in the article. A model is counted on the use of mine regions a mining structure with any amount of vent barrels.

Keywords: information technology, vent extrass, mine complex.