

Дисертацію є рукопис.

Робота виконана в Кременчуцькому національному університеті імені Михайла Остроградського Міністерства освіти і науки України.

Науковий консультант: доктор технічних наук, професор
Шмандій Володимир Михайлович,
Кременчуцький національний університет імені Михайла
Остроградського Міністерства освіти і науки України,
завідувач кафедри екологічної безпеки та організації
природокористування.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Мальований Мирослав Степанович,
Національний університет «Львівська політехніка»
Міністерства освіти і науки України, завідувач кафедри
прикладної екології та збалансованого
природокористування;

доктор технічних наук, професор
Зубова Лілія Григорівна,
Східноукраїнський національний університет імені
Володимира Даля Міністерства освіти і науки України,
професор кафедри гідрометорології;

доктор технічних наук, старший науковий співробітник
Азаров Сергій Іванович,
Інститут ядерних досліджень Національної академії наук
України, завідувач сектора радіаційної та загальної безпеки.

Захист дисертації відбудеться “ 05 ” грудня 2013 р. о 10 год. 30 хв. на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 20.052.05 у Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу Міністерства освіти і науки України за адресою: 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, конференц-зал бібліотеки.

З дисертацією можна ознайомитись у науково-технічній бібліотеці Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу за адресою: 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15.

Автореферат розісланий “ 04 ” листопада 2013 року.

Учений секретар спеціалізованої

вченої ради Д 20.052.05



В.Р. Хомин

**АГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ**

Актуальність теми. Розглядаючи сучасний стан екологічної безпеки в Україні, слід відзначити тенденцію до його погіршення. В умовах запровадження шкідливих виробництв на тлі застарілих технологій використовуваних заходів, що забезпечують екологічну безпеку, недостатньо.

При встановленні доцільності застосування в осередках виникнення небезпек заходів з управління екологічною безпекою у більшості випадків в першу чергу враховують їхню собівартість, а не вплив на довкілля. Тому створення універсального способу, який забезпечував би екологічну безпеку в умовах дії природних і техногенних чинників небезпеки різного генезису, а також економію енергетичних та матеріальних ресурсів, є перспективним та актуальним.

Деякі природні та техногенні чинники формування екологічної небезпеки мають спільну рису, що дає можливість застосовувати дрібнодисперсні структури технологічних рідин, які покривають джерела небезпеки. Це і визначає універсальність способу, що пропонується у дисертаційному дослідженні.

У процесах навантаження й розвантаження сипких матеріалів, що пиліть, руйнування гірських порід і т.п. у атмосферне повітря надходить значна кількість дрібнодисперсних (виважених) частинок, які спричиняють негативні зміни в геосфері та призводять до захворювань людини. Це стосується різних регіонів України. Зокрема, у Львівській та Івано-Франківській областях розташовано родовища корисних копалин. Останні знаходяться на відносно невеликій глибині, тому видобувають їх відкритим способом. У процесах видобутку та навантаження сировини виникає необхідність застосування спеціальних технічних засобів для забезпечення екологічної безпеки.

Технологічні процеси оброблення матеріалів, що пиліть, передбачають зрощення джерел формування пилового забруднення різними технологічними рідинами. Незважаючи на численні дослідження процесу знепилення, розроблені методи і засоби пилопригнічення, що застосовуються у вищезазначених виробництвах України, є малоефективними.

Пригнічення процесів пилоутворення у гірничих шахтних виробітках дозволяє поліпшити стан екологічної безпеки, у тому числі знизити ризик виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру. Специфіка виробництва часто визначає досить швидке утворення вибухонебезпечних сумішей вугільного пилу, метану та інших компонентів. Надзвичайні ситуації, що виникають на вугільних копальнях, підтверджують, що проблему зниження ризику вибуху у цих випадках не вирішено.

Використання дрібнодисперсних загороджувальних завіс у комплексі з вибухом шлангового заряду може стати ефективним методом ліквідації степових і лісових пожег.

Таким чином, науково-прикладна проблема створення універсального способу забезпечення екологічної безпеки, який використовує багатофазні дисперсні структури, в умовах дії природних і техногенних чинників небезпеки різного генезису, є актуальною.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Тематика дисертаційної роботи відповідає пріоритетним напрямкам розвитку науки і техніки в Україні на період до 2020 р. у частині «Рациональне природокористування» та стратегічним пріоритетним напрямкам інноваційної діяльності в Україні на 2011-2021 рр. «Охорона навколишнього природного середовища».

Дисертаційна робота пов'язана з тематикою наукових робіт декількох вищих навчальних закладів України. Зокрема, це теми у Національному університеті цивільного захисту України згідно з планами науково-дослідних робіт Міністерства надзвичайних ситуацій України № 0107U003087 «Підвищення техногенної безпеки та надійності систем температурного контролю промислових об'єктів», № 0113U002407 «Дослідження систем управління екологічною безпекою процесів розвантаження сипких матеріалів», № 0113U002406 «Дослідження систем управління екологічною безпекою у виробництві цементу за неповним циклом», № 0113 U 002408 «Дослідження систем управління екологічною безпекою процесів за наявності небезпеки, спричиненої степовими або лісовими пожежами», в Національному аерокосмічному університеті ім. М.С. Жуковського «ХАІ» згідно з планами науково-дослідних робіт Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України за держбюджетними темами Г203-29/00 «Використання енергії струменя для подрібнення та транспортування технологічних рідин», ДР 0100U002200 «Основи математичного моделювання і прогнозування безпеки техногенних об'єктів аерокосмічної техніки».

Дисертаційні дослідження виконувалися також у рамках НДР, які проводились Національним аерокосмічним університетом ім. М.С. Жуковського «ХАІ» за темою «Проектування й виготовлення лафетних стволів для пілопригнічення при навантажувально-розвантажувальних роботах з сипкими матеріалами».

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є наукове обґрунтування універсального способу управління екологічною безпекою, який використовує багатофазні дисперсні структури, в умовах дії природних і техногенних чинників небезпеки різного генезису та його практичне використання.

Для досягнення цієї мети було поставлено та вирішено такі завдання:

- аналіз сучасних наукових розробок із забезпечення екологічної безпеки в умовах дії природних і техногенних чинників небезпеки різного генезису;
- створення методологічних основ досліджень і розроблення ефективних систем управління екологічною безпекою, що використовують багатофазні дисперсні структури;
- дослідження можливості забезпечення екологічної безпеки в умовах дії природних і техногенних чинників небезпеки різного генезису на основі числового моделювання процесу створення багатофазних дисперсних структур;
- моделювання процесів управління екологічною безпекою з використанням багатофазних дисперсних структур за наявності небезпеки, спричиненої природними або техногенними чинниками;
- експериментальні дослідження процесів управління екологічною безпекою з використанням багатофазних дисперсних структур;

– розроблення та впровадження універсального способу управління екологічною безпекою в умовах дії природних і техногенних чинників небезпеки різного генезису.

Об'єкт дослідження – процеси формування екологічної небезпеки техногенного та природного характеру, негативний вплив яких може бути зменшений за допомогою застосування диспергованих систем.

Предмет дослідження – теоретичні та практичні засади застосування диспергованих систем в управлінні екологічною безпекою в умовах дії небезпечних чинників.

Методи дослідження: методологічна основа теоретичних досліджень базується на використанні системного, науково обгрунтованого аналізу в галузі управління екологічною безпекою. При розв'язанні завдань створення багатофазних дисперсних структур в системах управління екологічною безпекою застосовувалися теорія диференціальних рівнянь в частинних похідних і числове моделювання. При дослідженнях універсального способу управління екологічною безпекою використовувалася об'єктно-орієнтована комп'ютерна система (САЕ-система) інженерного аналізу газодинамічних процесів змішування газів в атмосфері FIRE. Процеси горіння, змішування і розповсюдження газової домішки в атмосферному повітрі, її вибуху з урахуванням хімічної взаємодії (зі складним рельєфом місцевості або в закритих об'ємах) досліджувалися з використанням системи нестационарних рівнянь Нав'є–Стокса для стисненого газу.

В експериментальних дослідженнях використовувалися сучасні методи, зокрема методи електронної мікроскопії у відбитих і вторинних електронах, а також растровий енерго-дисперсійний аналізатор. Гранулометричний склад пилових частинок і розподіл діаметрів частинок технологічної рідини у струминах розпилювачів або атомайзера визначалися за допомогою растрового електронного мікроскопу РЕМ-106 з автоматизованим записом зображення на комп'ютері. Для дослідження засобів управління екологічною безпекою використовувалися методи фізичного моделювання на різних стадіях: від дослідних зразків до дослідно-промислової установки.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у такому:

1. Вперше науково обгрунтовано застосування дрібнодисперсних структур технологічних рідин і засобів їх реалізації в умовах негативного впливу природних і техногенних чинників небезпеки різного генезису, що дає можливість запропонувати конкретні технічні рішення з управління екологічною безпекою при реалізації технологічних процесів.

2. Вперше науково обгрунтовано спосіб локалізації лісових і степових пожеж, який ґрунтується на створенні ударної хвилі за допомогою об'ємного вибуху, що дозволяє створити пожежобезпечні зони та використати багатофазні дисперсні структури для зниження рівня екологічної небезпеки в процесі гасіння пожежі.

3. Вперше розроблено наукові положення реалізації системи управління екологічною безпекою гірничих виробітків вугільних шахт шляхом створення захисних структур з дрібнодисперсних виважених крапель технологічної рідини для унеможливлення існування зон підвищеного тиску і високої температури, а також руйнівного впливу вибухів.

4. Удосконалено методологію визначення елементів просторово-часового континууму щодо перебування диспергованих частинок технологічної рідини в зоні формування екологічної небезпеки залежно від способів і режимів її подачі однофазними, ежекторними і двофазними ствольними системами та атомайзерами, використання яких у відповідних математичних моделях дає можливість оцінити зміни параметрів стану екологічної безпеки (ступінь уловлювання і осадження пилу, зниження температури і тиску).

5. Набули подальшого розвитку наукові основи створення технічних засобів реалізації універсального способу забезпечення екологічної безпеки, що сприяє отриманню виважених частинок технологічної рідини на відстанях до 25 м за рахунок використання експериментально апробованих конструкцій пристроїв диспергування.

6. Удосконалено модель автоматизованої системи управління екологічною безпекою при виникненні аварійних ситуацій, яка використовує просторові моделі течії газу і дає можливість в інтерактивному режимі здійснювати поточний контроль технічного стану небезпечних виробництв, а також автоматизувати процес прийняття рішень у разі виникнення аварій з метою локалізації їхніх масштабів і мінімізації втрат наявних ресурсів.

Практичне значення отриманих результатів:

– застосування запропонованого програмного комплексу, який реалізує математичні моделі просторового поширення багатофазних дисперсних структур, дає можливість оперативно оцінювати ефективність рішень з управління екологічною безпекою;

– розроблені, виготовлені й практично апробовані в реальних умовах експлуатації однофазні, водоповітряні ежекторні й двофазні ствольні системи та атомайзери дають можливість отримувати виважені краплі технологічної рідини (або води), транспортувати їх на відстань до 25 м і покривати зони формування екологічної небезпеки;

– запропонований автоматизований програмно-апаратний комплекс дозволяє в інтерактивному режимі здійснювати поточний контроль технічного стану небезпечних виробництв, а також автоматизувати процес прийняття рішень з управління екологічною безпекою;

– розроблені технічні рішення з управління екологічною безпекою можуть бути використані у різних регіонах, де мають місце подібні умови формування екологічної небезпеки як техногенного, так і природного характеру.

Результати досліджень зі створення системи управління екологічною безпекою використано в ДП «Маріупольський морський торговий порт» (акт використання результатів дисертаційної роботи від 23.12.2009 р.).

Методики розрахунку пристроїв створення дрібнодисперсної водяної завіси над джерелом пиловиділення та самі пристрої було введено в експлуатацію на виробничому підприємстві ТОВ «Азовавтобуд» (акт використання результатів дисертаційної роботи від 19.11.2009 р.), та на виробничому підприємстві ТОВ «Скала» (акт реалізації результатів дисертаційної роботи від 17.12.2012 р.).

Спосіб локалізації степових і лісових пожеж шляхом створення ударної хвилі за допомогою об'ємного вибуху і автоматизований програмно-апаратний комплекс

управління екологічною безпекою впроваджено у Головному управлінні Державної служби надзвичайних ситуацій у Харківській області (акт реалізації результатів дисертаційної роботи від 06.03.2013 р.).

Математичну модель захисту гірничих виробітків вугільних шахт від руйнівного впливу вибухів, підвищеного тиску і високої температури шляхом створення системи дрібнодисперсних виважених крапель технологічної рідини, основні методики та засоби експериментальних досліджень впроваджено у навчальний процес у Національному університеті цивільного захисту України (довідка про впровадження від 10.01.2013 р.), а математичну модель визначення часу перебування диспергованих частинок технологічної рідини в робочій зоні залежно від способів і режимів її подачі однофазними водоповітряними ежекторними і двофазними ствольними системами – у Національному аерокосмічному університеті ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут» (довідка про впровадження від 21.01.2013 р.).

Обсягистий внесок здобувача. Основні наукові ідеї, положення та результати теоретичних досліджень розроблено, сформульовано і отримано дисертантом. Теоретичні узагальнення, розроблення математичних моделей, аналіз та інтерпретацію отриманих даних, висновки роботи виконано безпосередньо здобувачем. Експериментальні дослідження і промислові випробування, впровадження у виробництво отриманих результатів опрацьовано під науковим керівництвом і за безпосередньою участю здобувача.

Внесок дисертанта в роботи, виконані у співавторстві, полягає у обґрунтуванні напрямків досліджень, плануванні експериментів і обробленні результатів, фізичному моделюванні процесів, опрацьованні практичних рекомендацій щодо застосування результатів, розробленні положення, що виносяться на захист.

Апробація результатів дисертації. Основні положення і результати дисертаційної роботи доповідалися на Міжнародних науково-практичних конференціях «Екологія. Людина. Суспільство» в 2010 р. (Україна, м. Київ), «Проблеми створення та забезпечення життєвого циклу авіаційної техніки» в 2010, 2011 рр. (Україна, м. Харків), «Пожежна безпека» в 2011 р. (Україна, м. Харків), «Екологічна безпека: проблеми та шляхи вирішення» в 2012 р. (Україна, м. Алушта), на Міжнародній конференції «Математические методы в технике и технологиях – ММТТ-25» в 2012 р. (Україна, м. Харків), Міжзузівській науково-практичній конференції «Можливості використання методів механіки для розв'язання питань безпеки в умовах надзвичайних ситуацій» в 2007 – 2011 рр. (Україна, м. Харків), Міжнародній науково-практичній конференції «Пожаротушение, проблемы, технологии, инновации» в 2013 р. (Росія, м. Москва), а також на наукових семінарах кафедри прикладної механіки Національного університету цивільного захисту України, кафедри хімії, екології та експертних технологій Національного аерокосмічного університету ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», кафедри екологічної безпеки і організації природокористування Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського.

Публікації. За темою дисертації опубліковано 36 наукові праці, серед яких одна монографія (одноосібна), 21 стаття у фахових наукових виданнях України,

2 статті у інтернет-журналах Росії, один патент України і 11 тез доповідей у збірниках праць конференцій.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається зі вступу, шести розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Повний обсяг дисертації становить 320 сторінок, вона містить 141 рисунок, 26 таблиць, список використаних джерел з 330 найменувань на 38 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертації, визначено мету, предмет і об'єкт дослідження, сформульовано завдання, відображено наукову новизну і практичне значення отриманих результатів, наведено інформацію щодо апробації роботи, її структури і обсягу, а також про особистий внесок здобувача.

У першому розділі виконано моніторинг сучасних наукових розробок із забезпечення екологічної безпеки в умовах дії природних і техногенних чинників небезпеки різного генезису. Визначено, що управління екологічною безпекою є складовою системи управління, яка пов'язана з комплексом проблем життєзабезпечення людини. Знання з цієї проблематики конкретизуються і деталізуються завдяки науковим працям А.І. Данилова, О.Д. Липенкова, І.В. Масленікової, В.Я. Шевчука, Ю.М. Саталкіна, В.М. Навроцького, В.М. Федосеева та інших учених. Останнім часом виконуються багатоаспектні теоретичні й практичні дослідження із зазначеної галузі. У роботах М.М. Биченка, М.М. Біляєва, М.В. Маслова, О.Н. Тетиора, В.М. Шмандія, О.М. Касімова, Г.Д. Коваленка, М.С. Мальваного, В.М. Кобріна, М.В. Нечипорука, О.М. Бугаєнка, Н.В. Кобріної та інших конкретизуються й поглиблюються підходи за різними науковими напрямками, зокрема за технічним. За результатами дослідження стану екологічної безпеки визначено проблемні ситуації створення систем управління екологічною безпекою економічними і високопродуктивними методами: при виникненні лісових і степових пожеж, при проведенні робіт у вугільних шахтах або при навантаженні й розвантаженні сипких матеріалів, що пилять. При цьому визначено, що найбільш простим і водночас ефективним методом забезпечення екологічної безпеки в умовах дії природних і техногенних чинників небезпеки різного генезису є використання багатофазних дисперсних структур, які містять у своєму складі дрібнодисперсні краплі технологічної рідини або води. Аналіз існуючих технологій і організаційних форм забезпечення екологічної безпеки в умовах дії природних і техногенних чинників небезпеки різного генезису дозволив визначити мету та завдання дослідження.

У другому розділі викладено методологію досліджень з розроблення ефективних систем управління екологічною безпекою, що використовують багатофазні дисперсні структури. Методологічна основа досягнення поставленої мети і вирішення основних завдань ґрунтується на використанні системного підходу. Отримано систему у вигляді моделі, яка використовується для аналітичних

досліджень і синтезу як внутрішніх компонентів (підсистем) так і зовнішнього середовища (рис. 1).

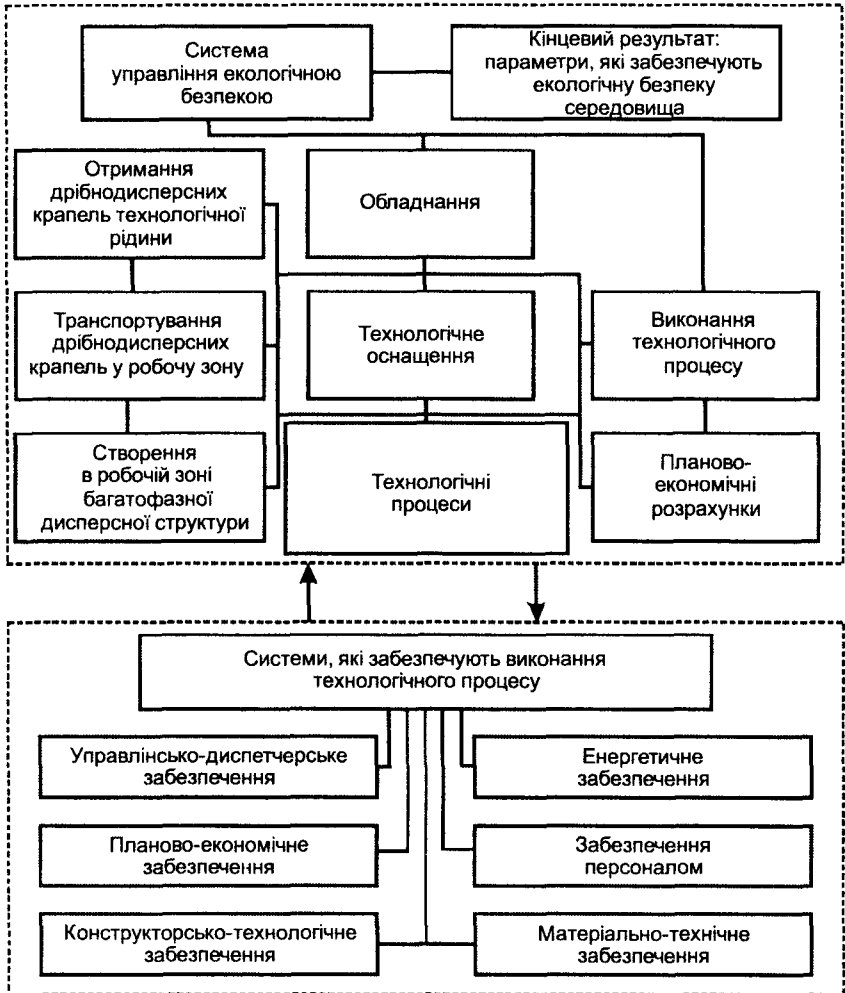


Рис. 1. Структура системи управління екологічною безпекою, що використовує багатофазні дисперсні структури

Структуру системи управління подано як сукупність функціонально зв'язаних процесів утворення дрібнодисперсних крапель технологічної рідини,

транспортування цих крапель у робочу зону і створення у цій зоні багатофазної дисперсної структури. Також до системи входять компоненти, які забезпечують усередині системи виконання технологічних процесів, оперативного-календарних графіків і планово-економічних показників, управління процесом зниження рівня екологічної небезпеки.

Комплекс зовнішніх компонентів, які підтримують у нормальному функціональному стані систему управління екологічною безпекою, складається із підсистем, що забезпечують конструкторською та технологічною документацією, технологічним оснащенням і засобами контролю, поставляють виконавців необхідного фаху, забезпечують заданий рівень санітарно-гігієнічних норм, енергетичне постачання, обслуговування будинків і споруд тощо.

Для формалізації вирішення завдань управління екологічною безпекою використано принцип багаторівневої декомпозиції, що характеризується розчленовуванням процесу проектування систем на ієрархічні рівні функціонально завершених етапів.

Керуючись положеннями системного підходу визначено умови раціонального управління екологічною безпекою (рис. 2). При цьому інтегрована модель системи управління, яка враховує різноманіття чинників, компонується за умови її декомпозиції й розроблення самостійних моделей окремих комплексів підготовки до управління й безпосередньо самого управління екологічною безпекою.

Оскільки підготовка до використання багатофазних дисперсних структур потребує значних витрат часу й ресурсів, експериментальна перевірка різних варіантів вирішення окремих завдань забезпечення екологічної безпеки часто ускладнена. У цих умовах моделювання й визначення доцільності прийнятих рішень є досить ефективним способом, що дозволяє вирішувати завдання за допомогою обчислювальної техніки з мінімальними витратами й задовільною точністю.

З урахуванням викладених вище положень системного підходу, а також специфічних особливостей створення системи управління екологічною безпекою у дослідженнях реалізовано таку схему:

- отримання інформації для остаточного формулювання завдань дослідження;
- розроблення моделей в описовій, математичній або інших формах подання;
- вибір критеріїв ефективності або критеріїв обґрунтованості прийняття рішень для оптимізації досліджуваних систем управління екологічною безпекою;
- розроблення методів і засобів для вирішення поставлених завдань, у тому числі розроблення обчислювальних алгоритмів і програм для реалізації їх за допомогою комп'ютерної техніки;
- експериментальна перевірка результатів теоретичних розробок, включаючи використання їх у виробничих умовах;
- розроблення рекомендацій і нормативно-технічної документації для практичного використання запропонованих методів і засобів, а також моделей систем управління екологічною безпекою.

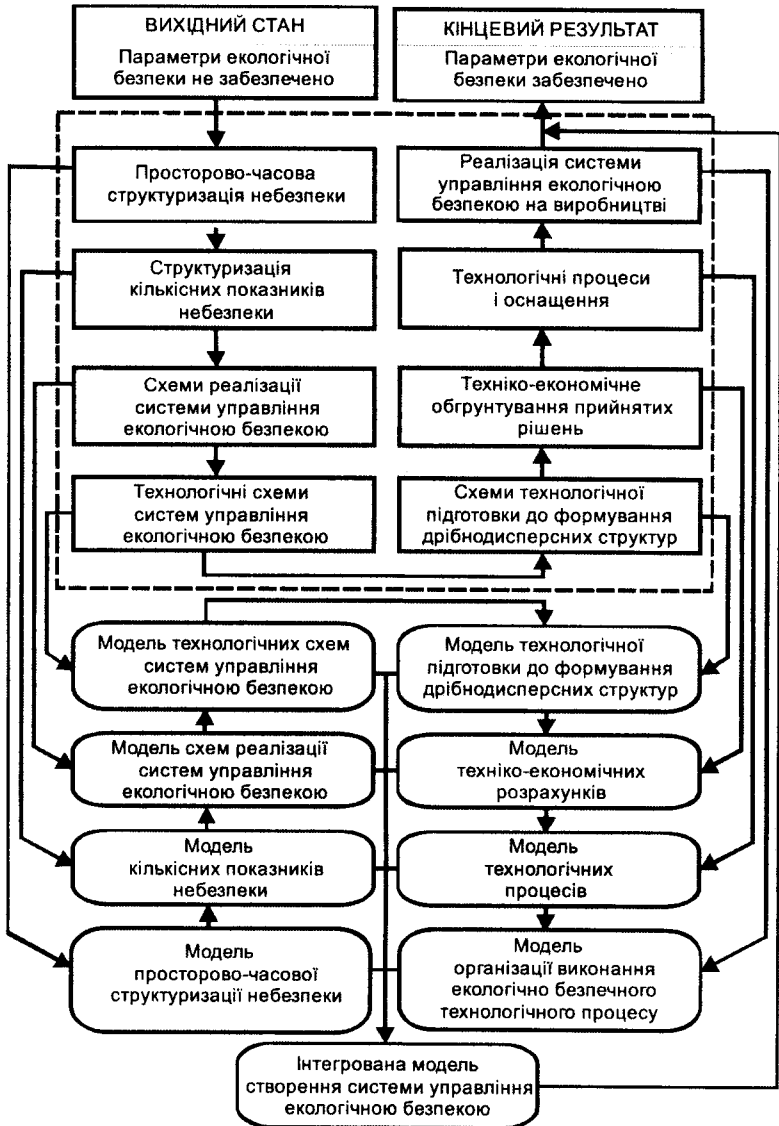


Рис. 2. Схема формування інтегрованої моделі системи управління екологічною безпекою, що використовує багатофазні дисперсні структури; пунктиром позначено умови раціонального управління

У **третьому розділі** викладено результати числового моделювання процесу створення багатозфазних дисперсних структур, що використовуються в системах забезпечення екологічної безпеки.

Фізична модель процесу створення об'ємних дисперсних структур, які використовуються для управління екологічною безпекою, включає атомайзер або розпилювач, який устатковлюється під кутом α до горизонту, а поширення крапель може відбуватися у всьому просторі. Джерело небезпеки знаходиться на верхній грані паралелепіпеда. Розпилювач або атомайзер знаходиться на відстані l від джерела небезпеки і може змінювати висоту свого розташування відносно верхньої грані паралелепіпеда на величину $\pm h$. Форма джерела небезпеки приймається сферичною (рис. 3).

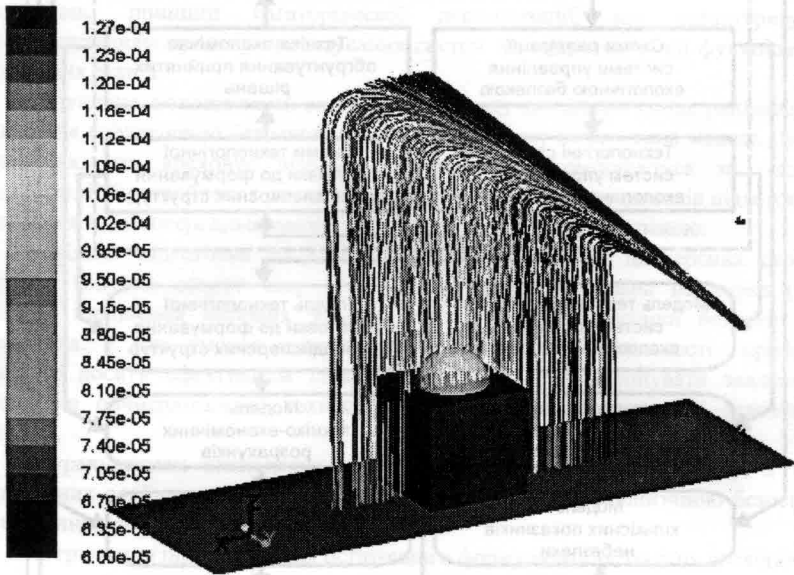


Рис. 3. Фізична модель процесу створення дисперсної структури в зоні дії природних або техногенних чинників небезпеки різного генезису

Зона формування небезпеки при моделюванні процесу транспортування крапель технологічної рідини покривався нерівномірною розрахунковою сіткою (рис. 4), яка включала 199656 тетраедричних комірок. При транспортуванні крапель рідини в умовах бокового вітру протяжність розрахункового осередку було збільшено до 35 м у підвітряний бік від центру верхньої грані. В цьому разі розрахункова зона включала 1187702 тетраедричних комірок.

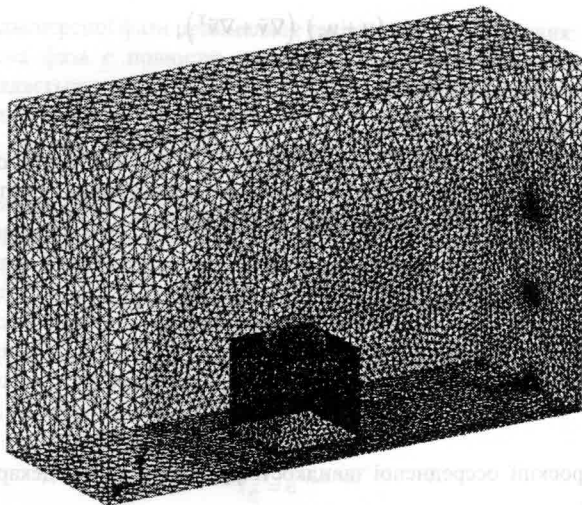


Рис. 4. Розрахункова зона розпилення технологічної рідини при створенні багатофазної дисперсної структури

При математичному описі багатофазного середовища (повітря – виважені частинки – дрібнодисперсні частинки технологічної рідини (ТР)) прийнято такі основні припущення:

- течія несучої газової фази нестислива, ізотермічна, турбулентна;
- турбулентність ізотропна;
- краплі мають сферичну форму і не випаровуються;
- об'ємом, який займають краплі, нехтуємо.

В основу математичної моделі тривимірної квазістаціонарної турбулентної течії газового середовища в робочій зоні покладено систему осереднених за Рейнольдсом рівнянь Нав'є–Стокса. Рівняння збереження маси і кількості руху у векторній формі мають вигляд

$$\nabla(\rho\vec{v})=0, \quad (1)$$

$$\nabla(\rho\vec{v}\vec{v})=-\nabla p+\nabla(\bar{\tau})+S_f. \quad (2)$$

де ρ – щільність;

\vec{v} – вектор швидкості;

p – статичний тиск;

S_f – кількість руху, зумовлена міжфазовою взаємодією;

$\bar{\tau}$ – тензор напружень, що визначається виразом

$$\tau = (\mu + \mu_\tau) \cdot (\nabla \bar{v} + \nabla \bar{v}^T), \quad (3)$$

де μ – молекулярна в'язкість;

μ_τ – турбулентна в'язкість.

Для замкнення системи рівнянь (1) – (2) використано k - ϵ -модель турбулентності Лаундера–Сполдінга. Рівняння перенесення кінетичної енергії турбулентності k і швидкості її дисипації ϵ мають вигляд:

$$\frac{\partial}{\partial x_i} (\rho k v_i) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\mu + \frac{\mu_\tau}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] + G - \rho \epsilon, \quad (4)$$

$$\frac{\partial}{\partial x_i} (\rho \epsilon v_i) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\mu + \frac{\mu_\tau}{\sigma_\epsilon} \right) \frac{\partial \epsilon}{\partial x_j} \right] + C_{1\epsilon} \frac{\epsilon}{k} G - C_{2\epsilon} \cdot \rho \frac{\epsilon^2}{k}, \quad (5)$$

де v_i – проекції осередненої швидкості руху газу на осі декартової системи координат;

x_j – координати тривимірної системи;

ϵ – швидкість дисипації кінетичної енергії турбулентності;

σ_k , σ_ϵ , $C_{1\epsilon}$, $C_{2\epsilon}$ – емпіричні коефіцієнти;

G – величина, що характеризує генерацію кінетичної енергії турбулентності за рахунок зсувних напружень.

Турбулентна в'язкість визначається за формулою Колмогорова – Прандтля

$$\mu_\tau = C_\mu \rho \frac{k^2}{\epsilon}, \quad (6)$$

де C_μ – емпіричний коефіцієнт.

Система диференціальних рівнянь у частинних похідних (ДРЧП) (1) – (5) доповнюється відповідними граничними умовами для незалежних змінних, які гарантують забезпечення параметрів екологічної безпеки.

На межах розрахункової зони задавалися такі граничні умови безперервної фази: на виході сопла атомайзера або розпилювача швидкість повітря на навітряній межі відповідає значенню, характерному для атмосферного повітря.

Для опису турбулентного приграничного шару як умову прилипання використано набір напівемпіричних функцій, що зв'язують значення незалежних змінних у центрі пристінкового розрахункового елемента зі значеннями відповідних змінних на стінці, які базуються на припущенні Лаундера і Сполдінга.

Приймалося, що у загальному випадку в робочій зоні рухається двофазний потік, що містить газ (повітря) і полідисперсний водяний аерозоль. Оскільки об'ємна концентрація водяних крапель в потоці незначна, окремо розглядався рух не взаємодіючих крапель різних розмірів.

Відносно дисперсної фази приймалися такі основні припущення:

– дисперсна фаза є повністю розпорошеним факелом технологічної рідини (води), що складається з певної кількості сферичних крапель різних діаметрів, що не випаровуються;

– силами, що діють на краплю, окрім сил тяжіння і аеродинамічного опору, нехтуємо;

– процесами вторинного дроблення і коагуляції крапель нехтуємо.

Для розпорошених рідин загальноприйнятим розподілом крапель за розмірами вважається вираз Розина–Раммлера. Приймалося, що увесь діапазон початкових розмірів крапель ділиться на певне число дискретних інтервалів, кожен з яких представляється середнім початковим діаметром, для якого виконується траєкторний розрахунок. При цьому кожна модельована крапля фактично є "пакетом" крапель з однаковими траєкторіями. Масова доля крапель з діаметром, більшим ніж d , визначається за формулою

$$Y_d = e^{-(d/\bar{d})^n}, \quad (7)$$

де \bar{d} – середній медіанний діаметр крапель;

n – параметр розподілення.

Взаємодію між фазами враховували за допомогою дискретної моделі "частинка – джерело в комірці", відповідно до якої присутність краплі в потоці проявляється через додаткову складову в рівнянні збереження кількості руху суцільної фази.

Перенесення кількості руху від безперервної до дисперсної фази розраховувалося через оцінювання зміни кількості руху краплі при її проходженні через кожний контрольний об'єм геометричної моделі робочої зони. Ця зміна кількості руху визначається таким чином:

$$\Delta S_{pi} = \sum \left(\frac{2\mu C_R Re_p}{3\rho_p d_p^2} (u_{pi} - u_i) \dot{m}_p \Delta t \right), \quad (8)$$

де \dot{m}_p – масова витрата крапель;

Δt – шаг підсумовування за часом.

Досліджено різні варіанти утворення дрібнодисперсних структур і зрошення осередку небезпеки струминними розпилювачами. Варіанти розрізнялися кутом подачі та масою крапель технологічної рідини, швидкістю повітряного потоку у атомайзері, повним напором, швидкістю і напрямом вітру.

На рис. 5 наведено результати числового моделювання встановлення водяної завіси, а на рис. 6 – результат зрошення осередку формування небезпеки струминними ежекторними розпилювачами або атомайзером.

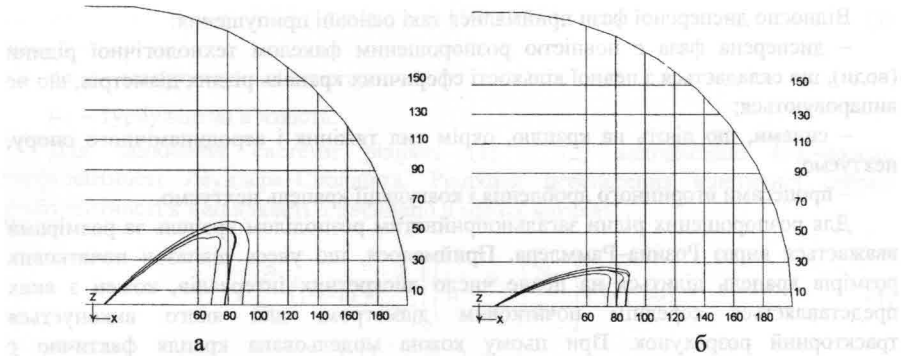


Рис. 5. Траєкторії представницьких крапель діаметром 10 мкм при швидкості повітря з сопла 0,5 м/с і різних кутах нахилу сопла: а – 45°; б – 30°

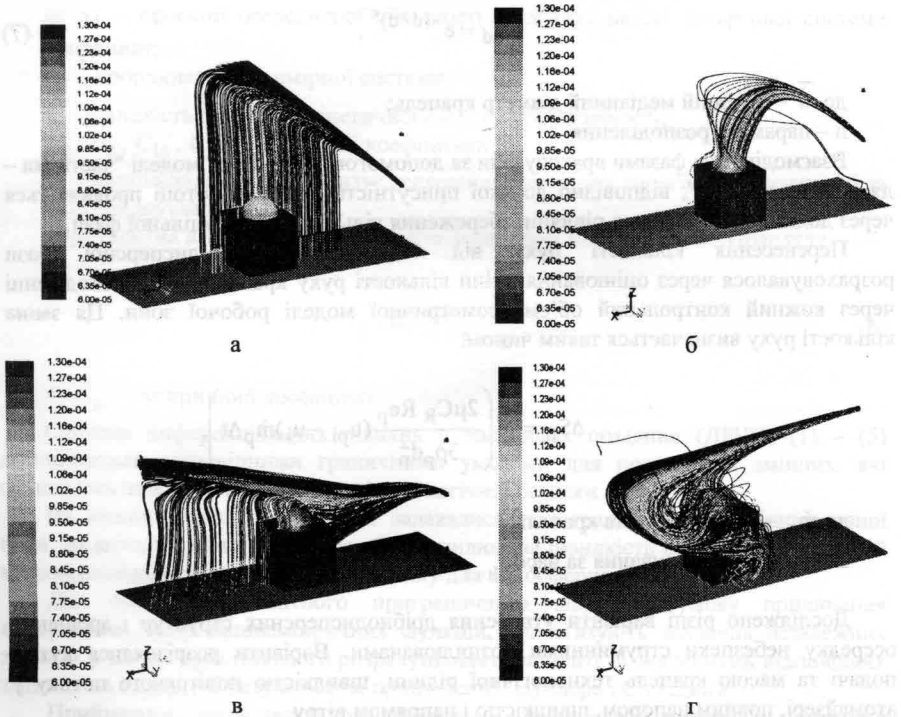


Рис. 6. Траєкторії представницьких крапель (а, в, г) (пофарбовані відповідно до їх діаметрів згідно зі шкалою) і вектори швидкості руху повітря (б) для струминного розпилювача (а, б) і атомайзера (в, г)

Запропонована математична модель процесів створення багатофазної дисперсної структури достовірно описує особливості процесу транспортування диспергованої технологічної рідини в робочу зону залежно від способів і режимів подачі технологічної рідини системами диспергування.

У рамках моделі тривимірної течії вдалося виявити найбільш ефективні способи та режими подачі технологічної рідини для створення багатофазних дисперсних структур при різних вітрових навантаженнях, провести оцінювання сумарного часу перебування крапель технологічної рідини у певній зоні, оцінити долю крапель, які не потрапили у робочу зону, що дозволяє зробити висновок про ефективність застосування створених багатофазних дисперсних структур.

У **четвертому розділі** проведено комп'ютерне моделювання процесів управління екологічною безпекою з використанням багатофазних дисперсних структур за наявності небезпеки, спричиненої природними або техногенними чинниками:

- гасіння лісової або степової пожежі, що впливає на лісовий фітоценоз і рослинний покрив;
- ліквідація наслідків пожежі при її розповсюдженні у будівлях і спорудах;
- зменшення кількості дрібнодисперсних виважених частинок у атмосферному повітрі при обробленні сипких матеріалів, що пилять (завантаження – розвантаження сипких матеріалів, видобування корисних копалин у кар'єрах та ін.);
- забезпечення прийнятної рівня екологічної безпеки промислових об'єктів на основі використання технічних засобів з локалізації та захисту від наслідків аварій (пилогозоповітряних сумішей у підземних гірничих виробітках вугільних шахт).

Указані процеси (горіння, викиди, змішування і розповсюдження газової домішки в атмосферному повітрі, вибух газової домішки з урахуванням хімічної взаємодії (в тому числі в багатозв'язаних зонах зі складним рельєфом місцевості або в закритих об'ємах)) математично описані з використанням системи нестационарних рівнянь газової динаміки для стисненого газу.

Використовувалася об'єктно-орієнтована комп'ютерна система інженерного аналізу газодинамічних процесів змішування газів в атмосферному повітрі – САЕ-система FIRE, призначена для прогнозування потенційно небезпечних процесів шляхом числового моделювання газодинамічних процесів.

Для опису процесів змішування газів використовували усічені рівняння Нав'є-Стокса, отримані шляхом відкидання в'язких членів (наближення Ейлера з використанням джерельних членів).

Розрахункова зона Ω має вигляд паралелепіпеда з прямолінійними твірними (рис. 7) у правій декартовій системі координат (X, Y, Z) , з основою в площині XOZ (вісь Y орієнтована в напрямі, протилежному до дії сил тяжіння). Розрахункова зона розбивається на просторові комірки, причому розміри граней підбираються відповідно до характерного розміру розрахункової зони.

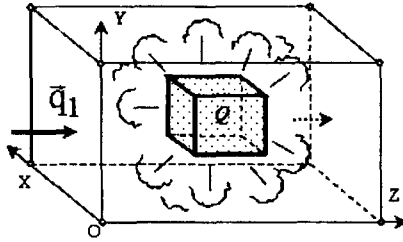


Рис. 7. Розрахункова схема змішування газів з повітрям, їх горіння (з урахуванням хімічної взаємодії компонентів сумішей) і подальшого розсіювання суміші

Система рівнянь, що описує нестационарну тривимірну течію двоконпонентної суміші газів, має вигляд:

$$\frac{\partial \bar{a}}{\partial t} + \frac{\partial \bar{b}}{\partial x} + \frac{\partial \bar{c}}{\partial y} + \frac{\partial \bar{d}}{\partial z} = \rho \bar{f}, \quad (9)$$

де \bar{a} , \bar{b} , \bar{c} , \bar{d} , \bar{f} – такі вектор-стовпці:

$$\begin{aligned} \bar{a} &= [\rho, \rho u, \rho v, \rho w, E]^T, \quad \bar{b} = [\rho u, P + \rho u^2, \rho uv, \rho uw, (E + P)u]^T, \\ \bar{c} &= [\rho v, \rho vu, P + \rho v^2, \rho vw, (E + P)v]^T, \quad \bar{d} = [\rho w, \rho wu, \rho wv, P + \rho w^2, (E + P)w]^T, \\ \bar{f} &= [0, 0, -g, 0, -gv]^T; \end{aligned}$$

t – час;

u, v, w – складові вектора швидкості \bar{q} ;

P, ρ – тиск і густина;

E – повна енергія одиниці об'єму суміші газів :

$$E = \rho \left(e + \frac{1}{2} (u^2 + v^2 + w^2) \right); \quad e = \frac{P}{(k-1)\rho}; \quad (10)$$

\bar{f} – проекції розподілених об'ємних джерел;

g – прискорення вільного падіння.

Закон перенесення компонентів суміші (продукти згоряння):

$$\frac{\partial(\rho Q)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u Q)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v Q)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho w Q)}{\partial z} = \rho Q, \quad (11)$$

де Q – відносна масова густина домішки (відношення густини газоподібної речовини домішки до густини суміші);

ρ_Q – інтенсивність зміни густини домішки внаслідок турбулентної дифузії відповідно до закону Фіка $\rho_Q = \text{div}(\rho \vartheta_D \text{grad} Q)$ (коефіцієнт турбулентної дифузії ϑ_D визначали за методикою, запропонованою М.Є. Берляндом).

Граничні умови:

а) на вході:

$$- \text{повна ентальпія } I_{00} = \frac{k}{k-1} \frac{P}{\rho} + \frac{u^2 + v^2 + w^2}{2};$$

$$- \text{функція ентропії } S_0 = \frac{P}{\rho^k};$$

– напрямок вектора швидкості потоку кутів $\alpha_x, \alpha_y, \alpha_z$;

– відносна масова густина домішки Q ($Q \leq 1$);

б) на непрониких ділянках $q_n = 0$;

в) на виході: атмосферний тиск P_A .

Використано такий алгоритм числового розв'язання задачі (закони збереження в інтегральній формі):

$$\frac{\partial}{\partial t} \iiint_V \bar{\rho} dV + \iint_{\sigma} \hat{A} d\bar{\sigma} = \iiint_V \bar{\rho} \bar{f} dV, \quad (12)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} \iiint_V \rho_Q dV + \iint_{\sigma} \rho_Q \bar{q} d\bar{\sigma} = \iiint_V \rho_Q dV. \quad (13)$$

Розв'язок знаходимо за схемою С.К. Годунова:

$$\begin{aligned} \bar{a}_{i-1/2, j-1/2, k-1/2}^{n+1} &= \bar{a}_{i-1/2, j-1/2, k-1/2}^n - \tau [(\hat{A}\bar{\sigma})_{i-1, j-1/2, k-1/2} + (\hat{A}\bar{\sigma})_{i, j-1/2, k-1/2} + \\ &+ (\hat{A}\bar{\sigma})_{i-1/2, j-1, k-1/2} + (\hat{A}\bar{\sigma})_{i-1/2, j, k-1/2} + (\hat{A}\bar{\sigma})_{i-1/2, j-1/2, k-1} + (\hat{A}\bar{\sigma})_{i-1/2, j-1/2, k+1}] / \\ & \quad \sqrt{V_{i-1/2, j-1/2, k-1/2}} + \tau(\bar{\rho}\bar{f})_{i-1/2, j-1/2, k-1/2}; \\ (\rho Q)_{i-1/2, j-1/2, k-1/2}^{n+1} &= (\rho Q)_{i-1/2, j-1/2, k-1/2}^n - \tau [(\rho Q \bar{q}\bar{\sigma})_{i-1, j-1/2, k-1/2} + (\rho Q \bar{q}\bar{\sigma})_{i, j-1/2, k-1/2} + \\ &+ (\rho Q \bar{q}\bar{\sigma})_{i-1/2, j-1, k-1/2} + (\rho Q \bar{q}\bar{\sigma})_{i-1/2, j, k-1/2} + (\rho Q \bar{q}\bar{\sigma})_{i-1/2, j-1/2, k-1} + (\rho Q \bar{q}\bar{\sigma})_{i-1/2, j-1/2, k+1}] / \\ & \quad \sqrt{V_{i-1/2, j-1/2, k-1/2}} + \tau(\rho Q_t + \rho Q_s)_{i-1/2, j-1/2, k-1/2}, \quad (14) \end{aligned}$$

де $\tau \leq \frac{\tau_x \tau_y \tau_z}{\tau_x \tau_y + \tau_x \tau_z + \tau_y \tau_z}$ – крок інтегрування за часом.

З використанням САЕ-системи FIRE вирішено задачу локалізації пожежі із застосуванням паливно-повітряного заряду і дрібнодисперсної водяної завіси для захисту будов, якщо це необхідно. Для врахування впливу лісового фітоценозу і рослинного покриву на розповсюдження ударної хвилі (рис. 8) застосовано підхід А.М. Гришина, згідно з яким сила опору лісового фітоценозу і рослинного покриву визначається за формулою

$$\bar{F}_{\text{нд}} = -C_d \frac{\rho q^2}{2} \sigma_k \frac{\bar{q}}{|\bar{q}|} = -k \rho q^2 \frac{\bar{q}}{|\bar{q}|}, \quad (15)$$

де k – ефективний коефіцієнт аеродинамічного опору середовища.

Для локалізації степових, а також низових і верхових лісових пожеж на земній поверхні розміщуємо об'ємний шланговий заряд вибухової газової суміші, яку закачують у поліетиленову герметичну посудину (рис. 8). Після об'ємного вибуху заряду створюється ударна хвиля, яка діє на лісовий фітоценоз поблизу земної поверхні й утворює пожежебезпечні смуги. Для локалізації верхових лісових пожеж створюємо ударну хвилю за допомогою об'ємного вибуху з метою формування області обриву лісогорючих матеріалів у лісовому фітоценозі. Для зниження рівня екологічної небезпеки в процесі гасіння пожежі й створення пожежебезпечної ділянки степу або лісу використано багатофазні дисперсні структури, які знижують тиск і температуру повітря. Для цього за допомогою атомайзера на заданій відстані від шлангових зарядів устанавлюємо дисперсну структуру з виважених крапель технологічної рідини. Використання водяної завіси, наприклад, знижує температуру повітря до 150°C .

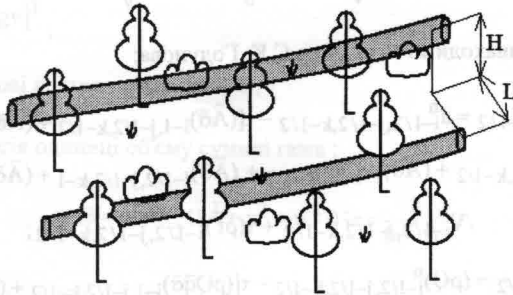


Рис. 8. Схема гасіння лісової пожежі, яка має верхову і низову стадії: L – відносна зміщення зарядів уздовж земної поверхні; H – висота розташування заряду, що забезпечує локалізацію верхової пожежі

Із результатів розрахунків розподілу концентрації продуктів детонації (рис. 9) видно, що боковий вітер призводить до асиметрії в розподілу концентрації продуктів реакції.

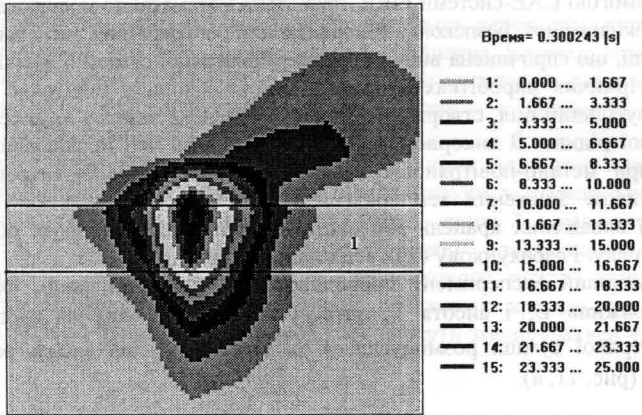


Рис. 9. Результати розрахунку концентрації продуктів детонації: 1 – зона крон дерев

Математичне моделювання впливу ударної хвилі на рослинний покрив проведено відповідно до розрахункової схеми (рис. 10), в якій застосовувалося два паралельно розташованих шлангових заряди (поз. 1). Приймалося, що середня висота рослинного покриву (поз. 2) становить $h = 0,15$ м. У розрахункових комірках, що моделюють опір цього шару, ефективний коефіцієнт аеродинамічного опору середовища $k = 0,9$. У проведеній серії розрахунків змінювалися відстань між оболонками, їхній діаметр і витрата дрібнодисперсних виважених крапель технологічної рідини. Збільшення далекобійності ударної хвилі в цьому випадку забезпечується процесом віддзеркалення хвиль від земної поверхні і зустрічною взаємодією ударних хвиль від вибуху двох зарядів.

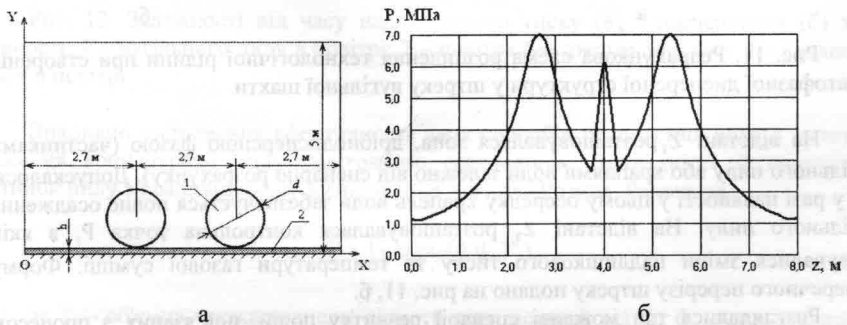


Рис. 10. Схема початкових умов (а) і результати розрахунків тиску (б) при вибуху об'ємних шлангових зарядів для рослинного покриву при гасінні степових пожеж: 1 – об'ємний шланговий заряд; 2 – рослинний покрив

За допомогою САЕ-системи FIRE проведено математичне моделювання системи управління екологічною безпекою з використанням багатофазних дисперсних структур при небезпеці, що спричинена вибухом метано-повітряної суміші й вугільного пилу в підземних гірничих виробітках вугільних шахт. У зоні, у повітряне середовище надходить вугільний пил, створюється дрібнодисперсна завіса з виважених крапель технологічної рідини. З використанням САЕ-системи FIRE проаналізовано процес вибуху хмари метано-повітряної суміші й вугільного пилу у штреку вугільної шахти, а також зниження температури і тиску при використанні дисперсної структури з виважених крапель або системи дисперсних структур, розташованих вповодж штреку. Розрахункову схему наведено на рис. 11.

Розрахунковий експеримент проводився при заданні таких вхідних умов (рис. 11): довжина L_z і висота L_y штреку, швидкість вітру на вході q ; хмара метано-повітряної суміші розміщувалася на відстані Z_1 від входу, радіус хмари становив R_1 (рис. 11, а).

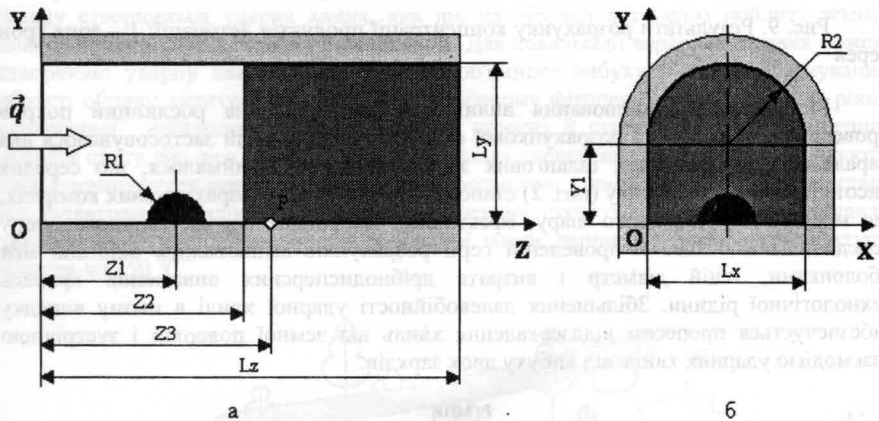


Рис. 11. Розрахункова схема розпилення технологічної рідини при створенні багатофазної дисперсної структури у штреку вугільної шахти

На відстані Z_2 розташовувалася зона, дрібнодисперсною фазою (частинками вугільного пилу або краплями води залежно від сценарію розрахунку). Допускалося, що у разі наявності у цьому осередку крапель води забезпечується повне осадження вугільного пилу. На відстані Z_3 розташовувалася контрольна точка Р, в якій фіксувалися зміни надлишкового тиску та температури газової суміші. Форму поперечного перерізу штреку подано на рис. 11, б.

Розглядалися три можливі сценарії розвитку подій, пов'язаних з процесом вибуху хмари метано-повітряної суміші в штреку. В початковий момент часу в результаті вибуху метано-повітряної суміші формувалася хмара продуктів згоряння з високими тиском і температурою. Далі реалізовувався процес розсіювання

продуктів згоряння, який супроводжувався конвективним переносом і турбулентним розсіюванням уздовж штреку. Відповідно до прийнятих розрахункових схем у першому сценарії розглядалася ситуація з наявністю вугільного пилу в повітрі, у другому – без наявності дисперсних фаз, у третьому – з наявністю виважених крапель води (водяної завіси) в повітрі.

Як показує аналіз результатів розрахунків, наявність вугільного пилу в повітрі призводить до росту надлишкового тиску і температури у штреку (порівняно з випадками, коли у повітрі відсутні дисперсні фази – криві 2, з наявністю водяної завіси в повітрі – криві 3 на рис. 12), які спричинені спалахуванням цієї фази (криві 1 на рис. 12, а, б). Для зменшення надлишкового тиску і температури у штреку необхідно використовувати завіси з виважених крапель технологічної рідини (криві 3). При цьому температура і тиск можуть зменшуватись у 7 і 4 рази відповідно.

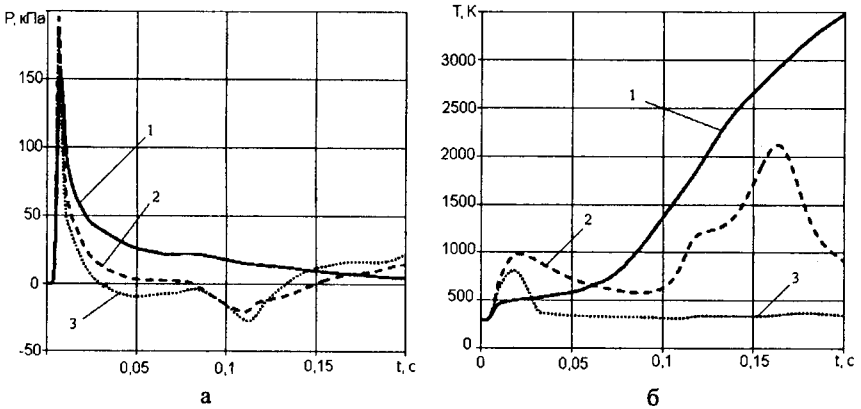


Рис. 12. Залежності від часу надлишкового тиску (а) і температури (б) за наявності: 1 – вугільного пилу в повітрі; 2 – повітря без дисперсних фаз; 3 – водяної завіси в повітрі

Виконано оцінювання ефективності двох способів розпилення води з метою зниження концентрації пилу повітряного середовища. Вірогідність P контакту частинок пилу з краплями води визначали за законом Розина–Раммлера:

$$P = 1 - \exp(-(d/d_+)^n) \quad (16)$$

де P – об'ємна частка крапель, діаметр яких менший від d ; d_+ – характерний розмір або середній діаметр, що відповідає певному значенню $P = 0.3679$; n – константа розподілу, що характеризує ступінь неоднорідності розпилювання (зазвичай $2 \leq n \leq 4$). Тоді щільність розподілу крапель по діаметрах набере вигляду

$$\rho(d/d_+) = n \left(\frac{d}{d_+}\right)^{n-1} \exp\left(-\left(\frac{d}{d_+}\right)^n\right). \quad (17)$$

Як критерій ефективності використання кількості технологічної рідини для очищення повітря від виважених частинок пилу вибрано відносні витрати води за умови рівності площ поверхонь крапель при різних способах розпилювання.

Для порівняння витрат при різних способах розпилювання виходили з рівності площі поверхні крапель: $\sigma_{\Sigma} = \sigma'_{\Sigma}$. Визначено величину відносної витрати води при різних способах її розпилювання:

$$\bar{G}_{H_2O} = \frac{G_{H_2O}}{G_{1H_2O}} = \frac{\sum_{i=1}^I \rho_1(d_i) \sigma_{1ki}}{\sum_{i=1}^I \rho(d_i) \sigma_{ki}} \cdot \frac{\sum_{i=1}^I \rho(d_i) V_{ki}}{\sum_{i=1}^I \rho_1(d_i) V_{1ki}}, \quad (18)$$

де G_{H_2O} - масові витрати води при різних способах її розпилювання;

$\sigma_{ki}, \sigma_{1ki}$ - площі поверхні крапель при різних способах розпилювання.

Доведено, що при розпилюванні за допомогою звичайної форсунки витрати води перевищують відповідні значення у разі використання атомайзера приблизно в 2,8 рази. За рахунок отримання більшого відсотку виважених крапель ефективність очищення повітря за допомогою атомайзера збільшується порівняно з отриманням такої ж кількості крапель за допомогою форсунок.

У цілому можна констатувати, що розроблені способи локалізації низових лісових і степових пожеж шляхом створення ударної хвилі за допомогою об'ємного вибуху з метою впливу на фітоценоз поблизу земної поверхні для утворення пожежобезпечної смуги, а також запропонований спосіб локалізації верхових лісових пожеж шляхом створення ударної хвилі за допомогою об'ємного вибуху з метою формування зони обриву лісогорючих матеріалів у лісовому фітоценозі обґрунтовують доцільність застосування багатофазних дисперсних структур для локалізації виконуваних вибухів.

Запропонований спосіб захисту гірничих виробітків вугільних шахт від руйнівного впливу вибухів верифіковано числовим моделюванням, що дозволяє визначити не тільки необхідні витрати рідини у водяній завісі та її місця розташування з метою осадження вугільного пилу, але й додаткове зниження надлишкового тиску і температури за рахунок переходу рідкої фази в пароподібний стан при проходженні вздовж штреку високотемпературної хмари продуктів згоряння метано-повітряної суміші в підземних гірничих виробітках вугільних шахт.

Одержані на основі застосування розроблених моделей результати стали науковим підґрунтям до проведення експериментальних досліджень.

У **п'ятому розділі** подано результати експериментальних досліджень процесів управління екологічною безпекою з використанням багатофазних дисперсних структур. Як базові елементи системи створення таких структур було використано атомайзер (рис. 13) і струминний однофазний, струминно-відцентровий однофазний, ежекторний (рис. 14) і двофазний розпилювачі.

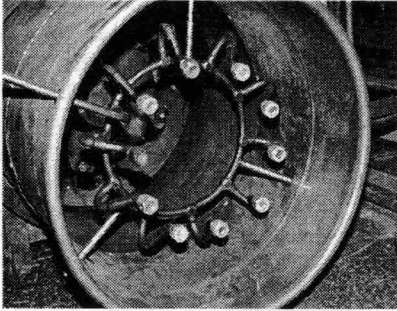


Рис. 13. Диспергатор атомайзера, який використовує для розпилювання технологічної рідини форсунки

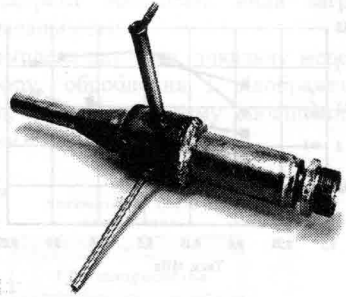


Рис. 14. Водоповітряний ежекторний розпилювач

На основі застосування стандартних методик, що використовуються у дослідженнях гідравлічних систем, проведено розрахунки основних параметрів (габаритні розміри, енергосилові параметри) указаних вище генераторів дисперсних частинок технологічної рідини, розроблено конструктивні схеми та здійснено виготовлення цих пристроїв. Випробувано атомайзери і розпилювачі з різними діаметрами вихідного сопла: 9, 10 і 12 мм. Результати випробувань розпилювачів струминно-відцентрових з центральним тілом діаметром 7,2 мм, ежекторних і двофазних розпилювачів подано на рис. 15–19. Встановлено, що при тиску 0,5...0,6 МПа вони забезпечують доставляння технологічної рідини на відстань не менше 15 м. Розбіжність результатів числового моделювання та експерименту за дальністю транспортування дрібнодисперсних крапель технологічної рідини становила 9...13 %, що відповідає інженерній похибці при розробленні технічних пристроїв.

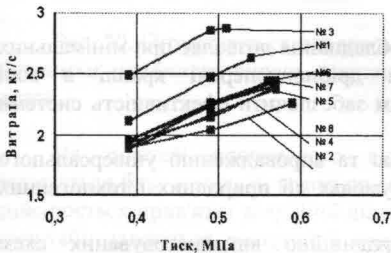


Рис. 15. Витрата води розпилю залежно від тиску при різних діаметрах сопла (струминно-відцентровий однофазний розпилювач): — 9 мм; — 10 мм; - - - 12 мм; —■— G, кг/с; —●— D, мм

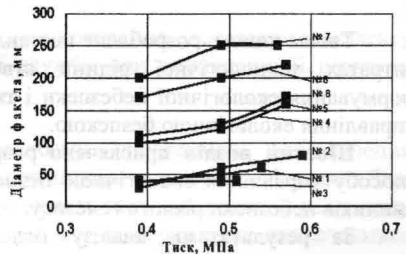


Рис. 16. Діаметр факела струменя залежно від тиску при різних діаметрах сопла (струминно-відцентровий однофазний розпилювач): —●— 9 мм; —■— 10 мм; —▲— 12 мм

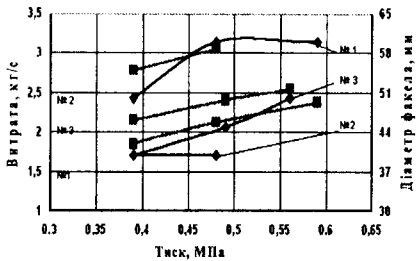


Рис. 17. Витрата води і діаметр факела розпилю залежно від тиску (ежекторний розпилювач): ■ – G, кг/с; ◆ – D, мм

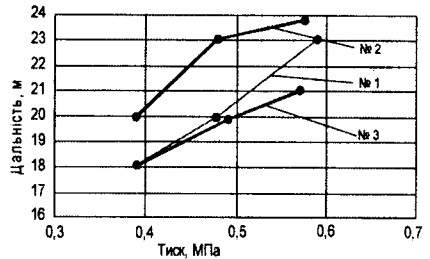


Рис. 18. Дальність струменя залежно від тиску (ежекторний розпилювач)

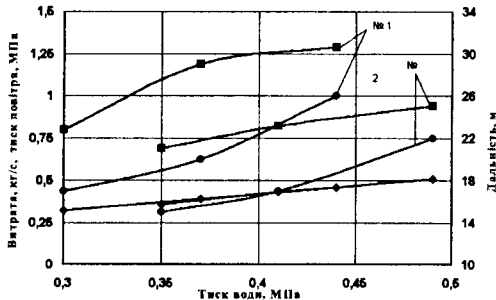


Рис. 19. Результати випробувань двофазного розпилювача: ■ – G, кг/с; ◆ – $P_{\text{пов}}$, МПа; ● – L, м

Таким чином, розроблене нестандартне обладнання дозволяє при мінімальних витратах технологічної рідини створювати дрібнодисперсні краплі в зоні формування екологічної небезпеки і тим самим забезпечити ефективність системи управління екологічною безпекою.

Шостий розділ присвячено розробленню та впровадженню універсального способу управління екологічною безпекою в умовах дії природних і техногенних чинників небезпеки різного генезису.

За результатами аналізу недоліків традиційно використовуваних схем запропоновано модель автоматизованої системи управління екологічною безпекою небезпечного виробництва при виникненні аварійних ситуацій (рис. 20). Програмно-апаратний комплекс складається з таких складових:

- програмний модуль, що містить засоби моделювання несприятливих фізичних процесів і дозволяє проводити попередній аналіз і прогнозування розмірів осередків і значень параметрів вражаючих чинників для вказаних видів загроз;
- програмний модуль, який дозволяє формувати, доповнювати і редагувати

базу даних, що містить інформацію про джерела небезпеки, види загроз, обслуговуючий персонал, служби і об'єкти відповідальності;

– апаратна група (рис. 20), що включає комплекс датчиків, локальну мережу комп'ютерів, програмне забезпечення для збору, оброблення і відображення інформації, автоматичну цифрову метеостанцію, локальну систему сповіщення і АТС, керовані цифровими комутуваними засобами.

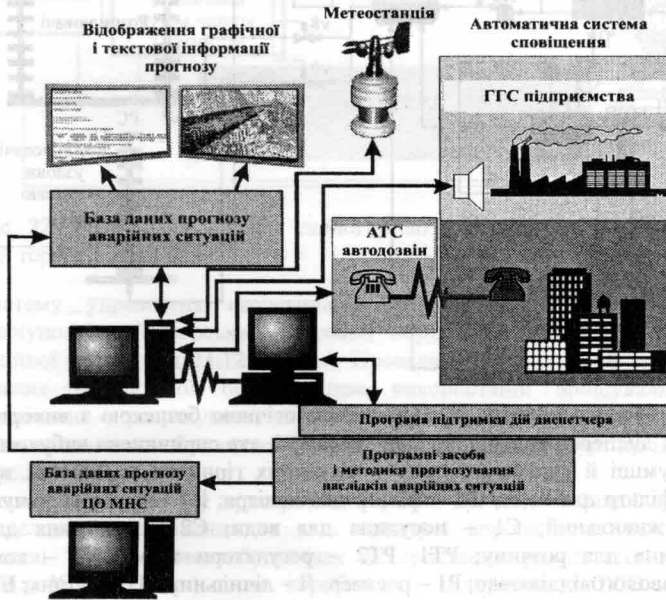


Рис. 20. Структурна схема автоматизованого програмно-апаратного комплексу підтримки прийняття рішень диспетчерської служби при виникненні й розвитку аварій

На підставі проведеного аналізу засобами програмного забезпечення формується база даних, із зазначенням місць розташування джерел небезпеки. Далі здійснюється прив'язка аварійної ділянки до об'єктних карт, виконаних у реальному масштабі; задаються растрові й векторні карти для відображення; визначаються види загроз, реалізація яких можлива при даному джерелі небезпеки; вводяться дані, необхідні при виконанні математичного моделювання і визначення параметрів для прогнозу наслідків аварії. У результаті формується інформація щодо обов'язкового сповіщення диспетчера в аварійній ситуації, що склалася.

Розроблено системи управління екологічною безпекою з використанням багатофазних дисперсних структур при небезпеці, яка спричинена степовими або лісовими пожежами, вибухом метано-повітряної суміші та вугільного пилу в

підземних гірничих виробітках вугільних шахт (рис. 21), запиленням повітряного середовища при обробленні сипких матеріалів (рис. 22).

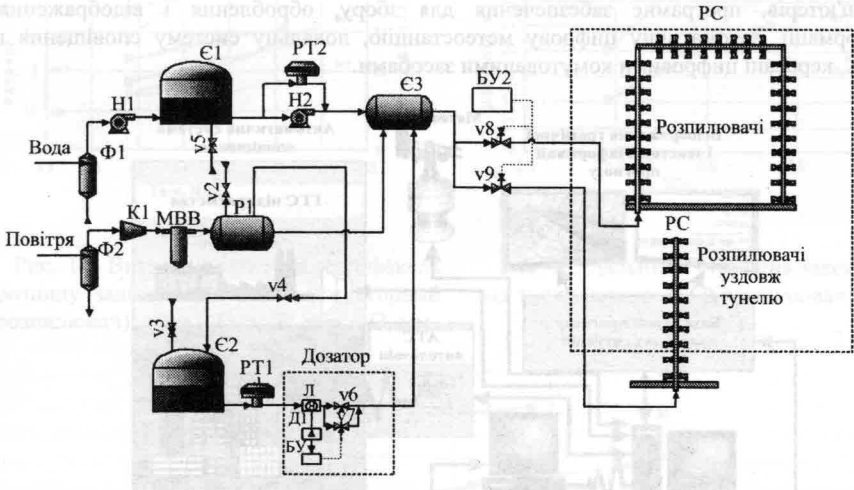


Рис. 21. Схема системи управління екологічною безпекою з використанням багатофазних дисперсних структур при небезпеці, яка спричинена вибухом метано-повітряної суміші й вугільного пилу в підземних гірничих виробітках вугільних шахт: Ф1 – фільтр для води; Ф2 – фільтр для повітря; Н1 – насос підкачувальний; Н2 – насос живильний; Є1 – посудина для води; Є2 – посудина для ПАР; Є3 – посудина для розчину; РТ1, РТ2 – регулятори тиску; К1 – компресор; МВВ – маслотовологовідділювач; Р1 – ресивер; Л – лічильник; Д1 – датчик; БУ – блок управління дозатором; БУ2 – блок управління розпилювачем; РС – розподілювальна система; v1 – v9 – клапани.

Зокрема, завдання управління екологічною безпекою, яка спричинена вибухом метано-повітряної суміші (рис. 21), може бути вирішено з використанням запропонованого пристрою, який містить розміщений на колісному шасі трубчастий корпус, який виконано за формою поперечного перерізу тунелю з можливістю розташування на відстані 0,2 – 0,3 м від стінок виробітку. Останнє дозволяє забезпечити безперешкодне пересування пристрою уздовж тунелю (на випадок, коли геометричні параметри контуру перетину неоднакові уздовж тунелю). Корпус обладнано форсунками (позначення РС на рис. 21) для розпилення технологічної рідини, які розміщені по периметру трубчастого корпусу у вертикальній площині у напрямку стінок виробітку і до центру. Також є група форсунок, які розташовані на трубчастому корпусі і в напрямку від корпусу у бік горизонтальної площини виробітку. Колісне шасі обладнано відкидними пандусами.

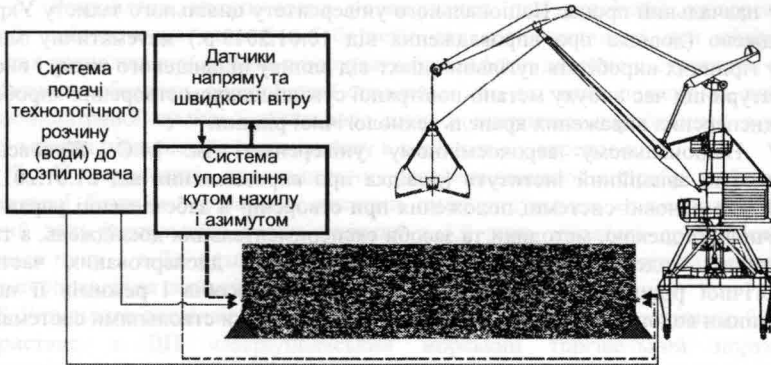


Рис. 22. Система управління екологічною безпекою у ДП «Маріупольський морський торговельний порт»

Систему управління екологічною безпекою (рис. 22) використано в ДП «Маріупольський морський торговельний порт» (акт використання результатів дисертаційної роботи від 23.12.2009 р.). Проведено порівняльний аналіз витрат на забезпечення екологічної безпеки при використанні зрошувальних систем пилопригнічення з розрахунком економічного ефекту від упровадження системи управління екологічною безпекою. Прибуток від зменшення втрат вугілля становить 341,25 тис. грн. на рік.

Методики розрахунку пристроїв створення дрібнодисперсної водяної завіси над джерелом пилевиділення та самі пристрої впроваджено на виробничому підприємстві ТОВ «Азовавтобуд» (акт використання результатів дисертаційної роботи від 19.11.2009 р.), і на виробничому підприємстві ТОВ «Скала» (акт реалізації результатів дисертаційної роботи від 17.12.2012 р.). Застосування форсунок дозволило у 2,6 рази зменшити розповсюдження виважених частинок пилу з робочого осередку.

У Головному управлінні Державної служби надзвичайних ситуацій у Харківській області впроваджено (акт реалізації результатів дисертаційної роботи від 06.03.2013 р.) спосіб локалізації верхових лісових пожеж за допомогою об'ємного вибуху з метою формування області обриву лісогорючих матеріалів у лісовому фітоценозі, а також математичну модель локалізації степових і низових і верхових лісових пожеж для утворення осередків, в яких відсутній матеріал для горіння. Зазначені способи локалізації пожеж використовують водяну завісу для зниження температури повітря на 150 °С. У Головному управлінні Державної служби надзвичайних ситуацій у Харківській області також впроваджено автоматизований програмно-апаратний комплекс (див. рис. 20), який дає можливість працівникам диспетчерських пунктів в інтерактивному режимі здійснювати поточний контроль технічного стану небезпечних виробництв, а також автоматизувати процес прийняття рішень у разі виникнення аварій.

У навчальний процес Національного університету цивільного захисту України впроваджено (довідка про впровадження від 10.01.2013 р.) математичну модель захисту гірничих виробітків вугільних шахт від впливу підвищеного тиску і високої температури під час вибуху метано-повітряної суміші шляхом створення «пробок» з дрібнодисперсних виважених крапель технологічної рідини.

У Національному аерокосмічному університеті ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут» (довідка про впровадження від 21.01.2013 р.) використано основні системні положення при створенні й забезпеченні управління екологічною безпекою, методики та засоби експериментальних досліджень, а також математичну модель визначення часу перебування диспергованих частинок технологічної рідини в робочій зоні залежно від способів і режимів її подачі однофазними водоповітряними ежекторними і двофазними ствольними системами.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі на основі виконаних наукових досліджень і узагальнення теоретичних та експериментальних результатів вирішено важливу науково-практичну проблему підвищення рівня екологічної безпеки в умовах дії природних і техногенних чинників небезпеки різного генезису із застосуванням багатофазних дисперсних структур. Основні наукові та практичні результати роботи полягають у наступному.

1. Доведено, що раціональним методом забезпечення екологічної безпеки в умовах дії певних природних і техногенних чинників небезпеки є застосування універсального способу, ґрунтованого на використанні багатофазних дисперсних структур.

2. Запропоновано концепцію і розроблено на її основі математичну модель визначення просторових координат і часу перебування диспергованих частинок технологічної рідини в зоні дії природних і техногенних чинників небезпеки залежно від способів і режимів її подачі однофазними, ежекторними і двофазними ствольними системами, а також атомайзерами, що описує особливості процесу формування багатофазних дисперсних структур у зонах знаходження зважених пилових частинок при підвищеній температурі і тиску.

3. Розроблено способи створення ударної хвилі за допомогою об'ємного вибуху з метою впливу на фітоценоз, які є базисом для використання багатофазних дисперсних структур при локалізації лісових і степових пожеж.

4. Запропоновано і верифіковано числовим моделюванням спосіб захисту гірських виробітків вугільних шахт від руйнівного впливу вибухів шляхом створення водяних завіс для зниження концентрації вугільного пилу в повітрі, що дозволяє визначити необхідні витрати рідини для створення завіси і її місця розташування, а також додаткове зниження надлишкового тиску і температури за рахунок переходу рідкої фази в пароподібний стан при проходженні уздовж штреку високотемпературної хмари продуктів згоряння метано-повітряної суміші.

5. Установлено, що при диспергуванні води з метою зниження рівня запиленого повітряного середовища за допомогою форсунки витрата води перевищує такий при використанні атомайзера в 2,8 рази.

6. Розроблено нестандартне устаткування для реалізації універсального способу забезпечення екологічної безпеки, яке дає можливість при мінімальних витратах технологічної рідини створювати багатофазні дисперсні структури в зонах виникнення небезпеки, спричиненої степовими або лісовими пожежами, вибухами метано-повітряної суміші і вугільного пилу в підземних виробленнях вугільних шахт, а також підвищеним вмістом пилу в повітряному середовищі.

7. У результаті впровадження запропонованого способу забезпечення екологічної безпеки і створеної системи пилопридушення концентрація пилу в робочій зоні порталного крану знижена в 4,6 рази, кількість дрібнодисперсних частинок пилу – в 2,6 рази, що свідчить про високу ефективність запропонованої системи управління екологічною безпекою.

8. Результати досліджень зі створення систем управління екологічною безпекою використано в ДП «Маріупольський морський торговельний порт» (акт впровадження від 23.12.2009 р.). Методику розрахунку устаткування і пристроїв створення дрібнодисперсної водяної завіси над джерелом пиловиділення впроваджено на виробничому підприємстві ТОВ «Азовавтобуд» (акт впровадження від 19.11.2009 р.) і на виробничому підприємстві ТОВ «Скеля» (акт реалізації результатів від 17.12.2012 р.). Спосіб локалізації верхових лісових пожеж шляхом створення ударної хвилі за допомогою об'ємного вибуху, математичну модель локалізації степових, а також низових і верхових пожеж і автоматизований програмно-апаратний комплекс впроваджено в Головному управлінні Державної служби з надзвичайних ситуацій України в Харківській області (акт реалізації результатів від 06.03.2013 р.).

Математичну модель захисту гірських виробітків вугільних шахт від руйнівного впливу вибухів, підвищеного тиску і високої температури, методики експериментальних досліджень впроваджено у навчальний процес Національного університету цивільного захисту України (акт впровадження результатів дисертаційної роботи від 10.01.2013 р.), а математичну модель визначення часу перебування диспергованих частинок технологічної рідини в робочій зоні – в Національному аерокосмічному університеті ім. М.С. Жуковського «Харківський авіаційний інститут» (акт впровадження від 21.01.2013 р.). Матеріали дисертаційного дослідження знайшли своє відображення у навчальному посібнику «Екологічна безпека, природно-техногенна безпека і цивільний захист в Україні», створеному за співтворства здобувача.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. **Вамболь, С.А.** Системы управления экологической безопасностью, которые используют многофазные дисперсные структуры [Текст]: монография / **С.А. Вамболь.** – Х. : Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2013. – 204 с.
2. Моделирование процесса пылеподавления при погрузке, разгрузке и транспортировке сыпучих материалов [Текст] / Н.В. Кобрин, В.Е. Костюк, В.Н. Кобрин, **С.А. Вамболь** // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского «Харьк. авиац. ин-т». – Вып. 48. – Х., 2010. – С. 248 – 252.

3. Математическое моделирование воздействия взрыва объемного шлангового заряда на лесной фитоценоз и растительный покров [Текст] / С.А. Вамболь, К.В. Корытченко, Ю.А. Скоб, М.Л. Угрюмов // Проблемы пожарной безопасности : сб. науч. пр. УЦЗ України. – Вып. 26. – Х. : Фоліо. – 2009. – С. 134 – 140.

4. Лыфарь В.А. Метод и модель определения параметров воздействия осколков при взрывах [Текст] / В.А. Лыфарь, С.А. Вамболь, М.Л. Угрюмов // Проблемы надзвичайних ситуацій : сб. науч. пр. НУЦЗУ. – Вып. 16. – Х., 2012. – С. 59 – 64.

5. Физические аспекты пылеподавления и распылительные устройства для их реализации [Текст] / А.М. Ляшенко, Н.В. Нечипорук, Н.В. Кобрина, С.А. Вамболь // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии : сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского «Харьк. авиац. ин-т». – Вып. 48. – Х., 2010. – С. 234 – 239.

6. Дослідження процесу придушення пилу при завантаженні та розвантаженні кам'яного вугілля. Технічні рішення щодо зниження викидів кам'яновугільного пилу в атмосферу [Текст] / М.В. Нечипорук, Н.В. Кобрина, С.О. Вамболь // Проблеми охорони навколишнього середовища та екологічної безпеки : сб. наук. праць УкрНДІЕП. – Вып. 32. – Х., 2010. – С. 233 – 243.

7. Моделирование обеспечения экологической безопасности при использовании оросительной системы пылеподавления в процессе погрузки, разгрузки и транспортировки сыпучих материалов [Текст] / Н.В. Кобрина, В.Е. Костюк, С.А. Вамболь, Н.В. Нечипорук // Екологічна безпека. – Кременчук: КДУ. – 2010. – Вып. 2/2010 (10). – С. 20 – 22.

8. Вамболь, С.О. Система комп'ютерних інформаційних технологій прогнозування негативних екологічних і соціально-економічних наслідків імовірних пожеж на будівлях (спорудах, інших складових) пожежонебезпечних об'єктів – СКІТ ПНО [Текст] / С.О. Вамболь, В.Л. Клевська // Открытые информационные и компьютерные технологии : сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского «Харьк. авиац. ин-т». – Вып. 46. – Х., 2010. – С. 256 – 259.

9. Моделирование области обрыва ЛГМ, формируемой при взрыве топливозодушных зарядов в лесном фитоценозе [Текст] / С.А. Вамболь, К.В. Корытченко, Ю.А. Скоб и др. // Проблемы пожарной безопасности : сб. науч. пр. УЦЗ України. – Вып. 27. – Х., 2010. – С. 109 – 117.

10. Вамболь, С.А. Выбор конструкции и результаты испытаний распылительного устройства для подавления каменноугольной пыли [Текст] / С.А. Вамболь // Вісті Донецького гірничого інституту : сб. науч. пр. Донецького нац. техн. ун-ту. – Донецьк, 2012. – № 1(30) – 2(31). – С. 375 – 381.

11. Вамболь, С.О. Система комп'ютерних інформаційних технологій прогнозування негативних екологічних і соціально-економічних наслідків імовірних пожеж на пожежонебезпечних ділянках природних екологічних систем – СКІТ ПЕС [Текст] / С.О. Вамболь, В.Л. Клевська // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии : сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского «Харьк. авиац. ин-т». – Вып. 47. – Х., 2010. – С. 147 – 155.

12. Исследование оросительных систем пылеподавления при погрузке и разгрузке сыпучих материалов с целью снижения влияния на окружающую среду

шахт [Текст] / В.Н. Кобрин, Н.В. Нечипорук, С.А. Вамболь, Н.В. Кобрин // Проблеми охорони навколишнього природного середовища та екологічної безпеки : зб. наук. праць. – Вип. XXXIII. – Х. : Райдер, 2011. – С. 186 – 198.

13. Метод прогнозирования последствий и модель автоматизированной системы поддержки принятия решений диспетчера опасного производства при возникновении аварийных ситуаций [Текст] / С.А. Вамболь, М.Л. Угрюмов, В.А. Лыфарь и др. // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии : сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского «Харьк. авиац. ин-т». – Вип. 51. – Х., 2011. – С. 178 – 185.

14. Исследование средств снижения последствий взрывов метано-воздушной смеси и угольной пыли в подземных горных выработках угольных шахт [Текст] / С.А. Вамболь, Ю.А. Скоб, М.Л. Угрюмов и др. // Инновационные пути модернизации базовых отраслей промышленности, энерго- и ресурсосбережение, охрана окружающей природной среды : сб. науч. тр. 1-й Межотраслевой науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов. – Х. : УкрГНТЦ «Энергосталь». – 2012. – С. 386 – 390.

15. Вамболь, С.А. Математическое моделирование взрыва метано-воздушной смеси и угольной пыли в подземных горных выработках угольных шахт [Текст] / С.А. Вамболь, Ю.А. Скоб, М.Л. Угрюмов // Проблеми надзвичайних ситуацій : зб. наук. праць НУЦЗУ. – Вип. 15. – Х., 2012. – С. 31 – 40.

16. Установки для пылеподавления на основе конверсионного использования авиационных газотурбинных двигателей [Текст] / О.М. Бугаенко, В.Н. Кобрин, Н.В. Нечипорук, С.А. Вамболь // Науковий журнал «Екологічна безпека» : Кременчущкий національний університет ім. Михайла Остроградського. – Кременчук : КрНУ. – 2012. – Вип. 1/2012 (13). – С. 73 – 76.

17. Численное моделирование формирования водяной струи однофазных распылительных устройств [Текст] / С.А. Вамболь, В.Ш. Эрсмамбетов, Н.В. Кобрин, О.А. Трухмаев // Вестн. Кременчуг. Нац. ун-та. – Вип. 1/2012(72). – Кременчуг : КрНУ. – 2012. – С. 161 – 163.

18. Однофазное распылительное устройство для подавления каменноугольной пыли [Текст] / С.А. Вамболь, О.М. Бугаенко, Н.В. Кобрин, О.А. Трухмаев // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии : сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского «Харьк. авиац. ин-т». – Вип. 53. – Х., 2012. – С. 204 – 208.

19. Вамболь, С.А. Исследование численным методом процесса постановки дисперсной водяной завесы в системах управления экологической безопасности / С.А. Вамболь // Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення : зб. наук. ст.: у 2 т. / УкрНДІЕП. – Х. : Райдер, 2012. – Т. 2. – С. 154 – 159.

20. Вамболь, С.О. Система управління екологічною безпекою при використанні пілопригнічувальних систем зрощення у процесі навантаження та розвантаження сипких матеріалів у портах [Текст] / С.О. Вамболь, Н.В. Кобрин, О.О. Трухмаев // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии : сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского «Харьк. авиац. ин-т». – Вип. 55. – Х., 2012. – С. 161 – 167.

21. **Вамболь, С.А.** Моделирование газовой фазы процесса установки дисперсных водяных завес в системах управления экологической безопасностью [Текст] / **С.А. Вамболь** // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського : зб. наук. праць – № 6/2012 (77). – Кременчук : КрНУ. – 2012. – С. 91 – 93.

22. **Вамболь, С.А.** Моделирование дисперсной фазы процесса установки водяных завес в системах управления экологической безопасностью [Текст] / **С.А. Вамболь** // Науковий журнал «Екологічна безпека» : Кременчуцький національний університет ім. Михайла Остроградського. – Кременчук : КрНУ. – 2012. – Вип. 2/2012 (14). – С. 15 – 18.

23. Моделирование снижения последствий взрывов угольной пыли и метано-воздушной смеси угольных шахт [Текст] / **С.А. Вамболь, Ю.А. Скоб, М.Л. Угрюмов, О.А. Трухмаев** // Математические методы в технике и технологиях – ММТТ-25 : сб. тр. XXV Междунар. науч. конф.: в 10 т. – Волгоград : Волгогр. гос. техн. ун-т, 2012; X. : Нац. техн. ун-т «ХПИ», 2012. – Т. 2. Секции 3, 4. – С. 131 – 133.

24. **Вамболь, С.А.** Системный подход к управлению экологической безопасностью, использующий многофазные дисперсные структуры [Текст] / **С.А. Вамболь, А.В. Метелев** // Пожаротушение, проблемы, технологии, инновации : материалы Междунар. науч.-практ. конф. – М. : Академия ГПС МЧС России. – 2013. – С. 347 – 351.

25. Деклараційний патент на корисну модель № 78922 Україна МПК В24В 1/00. F42D 5/05. Спосіб захисту від пилу при підвирних роботах у кар'єрах / Ерсамбетов В.Ш., Кобрін В.М., **Вамболь С.О.**, Нечипорук М.В.; Заявник / патентоволодар Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут». опубліков. 10.04.2013, Бюл. № 7. – 4 с.

26. **Вамболь, С.А.** Система экологической безопасности с многофазными дисперсными структурами / **С.А. Вамболь, А.В. Метелев** // Технологии техносферной безопасности: интернет-журнал. – М. : Академия ГПС МЧС России. – 2013. – Вып. 3 (49), 2013. – С. 1 – 7. <http://ipb.mos.ru/ttb>.

27. Математическая модель поведения дисперсных структур в атмосфере [Текст] / В.Е. Костюк, Е.И. Кириллш, В.Н. Кобрин, **С.А. Вамболь** // Технологии техносферной безопасности: интернет-журнал. – М. : Академия ГПС МЧС России. – 2013. – Вып. 4 (50), 2013. – С. 1 – 11. <http://ipb.mos.ru/ttb>.

Список опублікованих праць апробаційного характеру

28. **Вамболь, С.А.** Обеспечение экологической безопасности при утилизации РДТТ [Текст] / **С.А. Вамболь, Н.В. Нечипорук, В.В. Вамболь** // Можливості використання методів механіки для розв'язання питань безпеки в умовах надзвичайних ситуацій: матеріали VI міжвуз. наук.-практ. конф. – Х., 2007. – С. 27 – 28.

29. **Вамболь С.А.** Выбор системы распыла для пылеподавления при погрузочно-разгрузочных работах с сыпучими материалами [Текст] / **С.А. Вамболь, А.М. Ляшенко, Д.Н. Макаренко, О.М. Бугаенко** // Можливості використання методів

механіки для розв'язання питань безпеки в умовах надзвичайних ситуацій : матеріали VII міжвуз. наук.-практ. конф. – Х., 2008. – С. 12

30. **Вамболь С.А.** Локализации лесных пожаров созданием минерализованных полос с помощью взрыва объёмного шлангового заряда / С.А. Вамболь, М.Л. Угрюмов, К.В. Корытченко, Ю.А. Скоб // Матеріали VIII міжвузівської науково-практичної конференції «Можливості використання методів механіки для розв'язання питань безпеки в умовах надзвичайних ситуацій» – Х., 2009. – С. 31

31. **Вамболь, С.А.** Математическое моделирование области обрыва ЛГМ при взрыве в лесном фитоценозе [Текст] / С.А. Вамболь, М.Л. Угрюмов, Ю.А. Скоб // Можливості використання методів механіки для розв'язання питань безпеки в умовах надзвичайних ситуацій : матеріали IX міжвуз. наук.-практ. конф. – Х., 2010. – С. 12 – 13.

32. Разработка и испытания однофазного струйно-центробежного распылителя / А.М. Ляшенко, Н.В. Нечипорук, Н.В. Кобрина, С.А. Вамболь // Екологія. Людина. Суспільство: зб. наук. пр. XIII Міжнар. наук.-практ. конф. студентів, аспірантів і молодих вчених. – К., 2010. – С. 166 – 167.

33. **Вамболь, С.А.** Расчет и испытания двухфазного распылителя с принудительной подачей воздуха [Текст] / С.А. Вамболь, Д.Н. Макаренко, В.Ш. Эрсамбетов // Актуальні проблеми життєдіяльності суспільства : матеріали Всеукраїн. наук.-техн. конф. молодих учених і спеціалістів. – Кременчук, 2010. – С. 182 – 183.

34. **Вамболь, С.А.** Элементный состав пыли как источника загрязнения атмосферного воздуха в мариупольском торговом порту [Текст] / С.А. Вамболь, Н.В. Кобрина, О.А. Трухмаев // Можливості використання методів механіки для розв'язання питань безпеки в умовах надзвичайних ситуацій : матеріали X міжвуз. наук.-практ. конф. – Х., 2011. – С. 53 – 54.

35. **Вамболь, С.А.** Иерархическая структура системы управления экологической безопасностью, использующей многофазные дисперсные структуры [Текст] / С.А. Вамболь // Технологический аудит и резервы производства : материалы науч.-практ. конф. – Х., 2012. – № 6/1(8). – С. 41 – 42.

36. **Вамболь, С.А.** Моделирование создания минерализованной полосы для локализации лесных пожаров / С.А. Вамболь, М.Л. Угрюмов // Проблемы безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций : материалы Всерос. науч.-практ. конф. – Воронеж: ВИ ГПС МЧС России. – 2012. – С. 53 – 55.

У працях, написаних у співавторстві, автором виконано таку роботу:

[2, 7, 24, 26, 27] – розроблення наукової ідеї та отримання результатів теоретичних досліджень транспортування дрібнодисперсних крапель технологічної рідини в осередок пиловиділення.

[3, 9] – розроблення математичних моделей використання вибуху паливних зарядів у лісовому фітоценозі, аналіз та інтерпретація отриманих даних з метою управління екологічною безпекою.

[4, 13] – запропонував метод прогнозування наслідків надзвичайної ситуації небезпечного виробництва.

[5] – розроблення моделі, написання статті.

[6] – розроблення технічних рішень і виготовлення обладнання, призначеного для пилопридушення вугільного пилу при обробленні вугілля у морському порту.

[8, 11] – запропонував комп'ютерну інформаційну технологію прогнозування негативних екологічних і соціально-економічних наслідків імовірних пожеж.

[12, 16, 17, 18, 20, 29] – запропонував математичні моделі та провів теоретичне узагальнення процесу придушення пилу за допомогою різних типів зрошувальних пристроїв.

[14, 15] – запропонував спосіб і розроблення математичної моделі для захисту гірничих виробітків вугільних шахт від руйнівного впливу вибухів шляхом створення водяних завіс («пробок») для зниження концентрації вугільного пилу в повітрі.

[23] – проведення числового експерименту моделі для захисту гірничих виробітків вугільних шахт від руйнівного впливу вибухів метано-повітряних сумішей.

[25] – запропонував розташування та використання посудин з водою для створення дрібнодисперсної водяної завіси.

[28] – проведення числового моделювання забезпечення екологічної безпеки при утилізації РДТП.

[30, 31, 36] – проведення числового моделювання вибуху паливних зарядів у лісовому фітоценозі для визначення зони обриву ЛГМ.

[32, 33] – керівництво випробуваннями та інтерпретація отриманих експериментальних результатів.

[34] – керівництво експериментальними дослідженнями зразків вугільного пилу на електронному растровому мікроскопі РЕМ-106; інтерпретація отриманих результатів.

АНОТАЦІЯ

Вамболь С.О. Наукові основи застосування диспергованих систем в управлінні екологічною безпекою в умовах дії факторів різного генезису. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 21.06.01 – Екологічна безпека. – Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу Міністерства освіти і науки України, Івано-Франківськ, 2013.

Дисертаційна робота присвячена створенню систем управління екологічною безпекою, які використовують багатофазні дисперсні структури для підвищення ефективності і безпеки процесів обробки сипких матеріалів, які порошать, а також для зниження рівнів небезпек, викликаних степовими, лісовими пожежами, вибухом метано-повітряної суміші або вугільного пилу в підземних гірських вугільних шахт.

Розроблено математичні моделі створення багатофазних дисперсних структур, що використовуються в системах забезпечення екологічної безпеки в умовах дії природних і техногенних чинників, які дозволяють гарантувати екологічну безпеку реалізації технологічних процесів.

Запропоновано спосіб і математичну модель локалізації верхових і низових

лісових пожеж, а також степових пожеж шляхом створення ударної хвилі за допомогою об'ємного вибуху з метою впливу на лісовий або степовий фітоценоз для утворення області обриву лісогорючих матеріалів або створення мінералізованих смуг з можливістю використання багатофазних дисперсних структур для зниження екологічного ризику в процесі гасіння пожежі.

Розроблено спосіб і запропоновано математичну модель, що його реалізує, для захисту гірничих виробітків вугільних шахт від руйнівного впливу вибухів, підвищеного тиску і високої температури шляхом створення «пробок» з дрібнодисперсних виважених крапель технологічної рідини.

Розроблені, виготовлені й практично апробовані в реальних умовах експлуатації однофазні, водоповітряні ежекторні й двофазні ствольні системи, а також атомайзери дозволяють отримувати виважені краплі технологічної рідини (або води), транспортувати їх на відстань до 25 м і забезпечувати екологічну безпеку в умовах дії природних і техногенних чинників небезпеки різного генезису.

Розроблений автоматизований програмно-апаратний комплекс дає змогу працівникам диспетчерських пунктів і службам ЦО і НС в інтерактивному режимі здійснювати поточний контроль технічного стану небезпечних виробництв, а також автоматизувати процес прийняття рішень у разі виникнення аварій з метою зниження екологічних наслідків, локалізації їхніх масштабів, мінімізації втрат ресурсів.

Результати досліджень зі створення системи управління екологічною безпекою використано в ДП «Маріупольський морський торговий порт». Методики розрахунку пристроїв і пристрої створення дрібнодисперсної водяної зависи над джерелом пилovidілення було впроваджено на виробничому підприємстві ТОВ «Азовавтобуд» і на виробничому підприємстві ТОВ «Скала».

Ключові слова: екологічна безпека, природні та техногенні чинники, небезпека різного генезису, багатофазні дисперсні структури, розпилювальний сопловий пристрій, атомайзер.

АННОТАЦИЯ

Вамболь С.А. Научные основы применения диспергированных систем в управлении экологической безопасностью в условиях действия факторов разного генезиса. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 21.06.01 – Экологическая безопасность. – Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа Министерства образования и науки Украины, Ивано-Франковск, 2013.

Диссертационная работа посвящена созданию систем управления экологической безопасностью, которые используют многофазные дисперсные структуры для повышения эффективности и безопасности процессов обработки сыпучих материалов, которые пылят, а также для снижения уровней опасностей, вызванных степными, лесными пожарами, взрывом метано-воздушной смеси или угольной пыли в подземных горных выработках угольных шахт.

Научно обоснованы основные положения создания системы управления экологической безопасностью в условиях интенсивного пылевыведения,

температуры и давления, которая использует многофазные дисперсные структуры, покрывающие рабочую зону диспергированными частицами воды или технологической жидкости.

Предложена математическая модель транспортировки диспергированных частиц воды или технологической жидкости в рабочую зону и создания в рабочей зоне многофазных дисперсных структур, которые позволяют гарантировать экологическую безопасность реализации технологических процессов. Определение времени пребывания диспергированных частиц воды или технологической жидкости в рабочей зоне в зависимости от способов и режимов ее подачи дает возможность оценить качество улавливания и осаждения пыли или снижение температуры и давления.

Рассмотрена возможность локализация низовых лесных пожаров путем создания ударной волны с помощью объемного взрыва с целью влияния на лесной фитоценоз вблизи земной поверхности для образования полос, свободных от горючих материалов. Проведены исследования и определена возможность локализации верховых лесных пожаров путем создания ударной волны с помощью объемного взрыва для формирования области обрыва лесогорючих материалов в лесном фитоценозе с использованием многофазных дисперсных структур с целью локализации последствий взрыва.

Представлены способ защиты горных выработок угольных шахт от разрушительного воздействия взрывов создания водных завес для снижения концентрации угольной пыли в воздухе. Проведено численное моделирование определения требуемого расхода жидкости в водяной завесе и ее местоположения с целью осаждения угольной пыли и для дополнительного снижения избыточного давления и температуры за счет перехода жидкой фазы в парообразное состояние при прохождении вдоль штрека высокотемпературного облака продуктов сгорания метано-воздушной смеси в подземных горных выработках угольных шахт.

Предложено нестандартное оборудование, которое создает многофазные дисперсные структуры и позволяет при минимальных затратах транспортировать мелкодисперсные капли технологической жидкости в зону возникновения опасностей, вызванных пожарами, взрывами метано-воздушной смеси и угольной пыли или запылением воздушной среды, и тем самым обеспечить эффективное управление экологической безопасностью.

В результате внедрения разработанной системы пылеподавления концентрация пыли на участке работы порталного крана снизилась в 4,64 раза, существенно уменьшилось количество мелкодисперсных частиц пыли (частиц диаметром 2...10 мкм – в 2,7 раза, а частиц диаметром 10...20 мкм – в 2,5 раза).

Результаты исследований по созданию систем управления экологической безопасностью использованы в ГП «Мариупольский морской торговый порт».

Методика расчета оборудования и устройств создания мелкодисперсной водяной завесы над очагом пылевыведения были внедрены на производственном предприятии ТОВ «Азовавтобуд» и на производственном предприятии ТОВ «Скала».

Математическую модель
разрушительного влияния взры



ток угольных шахт от
я и высокой температуры

путем создания «пробок» из мелкодисперсных взвешенных капель технологической жидкости, системный подход при создании и обеспечении управления экологической безопасностью, основные методики и способы экспериментальных исследований внедрены в учебный процесс Национального университета гражданской защиты Украины, а математическая модель определения времени пребывания диспергированных частиц технологической жидкости в рабочей зоне в зависимости от способов и режимов ее подачи однофазными водовоздушными эжекторами и двухфазными ствольными системами – Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ».

Ключевые слова: экологическая безопасность, многофазные дисперсные структуры, пылеподавление, сыпучие материалы, распылительные устройства.

ABSTRACT

Vambol S.A. Scientific bases of application of the dispergated systems in a control ecological safety in the conditions of action of factors of different genesis. – Manuscript.

The dissertation for acknowledge of scientific doctor's grade in technical sciences in 21.06.01 specialty – Environmental safety. – Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Ivano-Frankivsk, 2013.

Dissertation work is devoted creation of control system by ecological safety, which use multi-particulate dispersible structures for the increase of efficiency and safety of processes of treatment of friable materials which dust, and also for the decline of levels of dangers, caused steppe, forest fires, explosion of methane and air mixture or explosive in the underground mountain making of coal mines.

The substantive provisions of creation of control system by ecological safety are scientifically grounded in the conditions of intensive creation of dust, temperatures and pressures, which uses many phases dispersible structures, coverings a working area by the dispergated particles of water or technological liquid.

Possibility is considered localization of basilar forest fires by creation of shock wave by a by volume explosion with the purpose of influence on forest cover near-by an earthly surface for formation of defense zonal bars. Researches are conducted and possibility of localization of up-river forest fires is certain by creation of shock wave by a by volume explosion for forming of area of precipice of forest combustible materials in forest cover with the use of many phases dispersible structures with the purpose of localization of consequences of explosion.

A non-standard equipment, which creates multi-particulate dispersible structures and allows at minimum expenses to transport the micro size drops of technological liquid in the area of origin of dangers, caused fires, explosions of methane-air mixture and of friable materials which dust of air environment, is offered, and the same to provide an effective management ecological safety.

Results are introduced to the work of the State Enterprise "Mariupol sea trading port" in the form of technologies and devices to ensure environmental safety and education into the National University of Civil Defense of Ukraine and National Aerospace University named after N.E. Zhukovsky "Kharkov Aviation Institute".

Keywords: ecological safety, multi-particulate structure, dust control, dispergated systems.