

**МІНІСТЕРСТВО ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ ТА ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ
УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНА ЕКОЛОГІЧНА АКАДЕМІЯ ПІСЛЯДИПЛОМНОЇ ОСВІТИ
ТА УПРАВЛІННЯ**

ГОРОБЕЙ МАРИНА СЕРГІЇВНА



УДК 504.054: 622.807:622.411.52

**ЗМЕНШЕННЯ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ
ТЕХНОГЕННОГО ЗАБРУДЕННЯ КАРБОНОВМІСНИМ ПИЛОМ**

Спеціальність 21.06.01 – екологічна безпека

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ — 2020

Дисертацією є рукопис.

Роботу виконано у Державному вищому навчальному закладі «Донецький національний технічний університет» Міністерства освіти і науки України (м. Покровськ).

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Костенко Віктор Климентович,
завідувач кафедри природоохоронної діяльності
Донецького національного технічного університету
МОН України, лауреат Державної премії України в
галузі науки і техніки

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Вамболь Віола Владиславівна,
професор навчально-наукового відділу безпеки та
гігієни праці Державної установи «Національний
науково-дослідний інститут промислової безпеки та
охорони праці»

кандидат технічних наук, доцент
Луцьова Оксана Володимирівна,
доцент кафедри екологічної безпеки Державного
закладу «Державна екологічна академія
післядипломної освіти та управління»

Захист відбудеться 29 жовтня 2020 р. о 14-00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.880.01 у Державній екологічній академії післядипломної освіти та управління за адресою: 03035, м. Київ, вул. Митрополита Василя Липківського, 35, корп. 2.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління за адресою: 03035, м. Київ, вул. Митрополита Василя Липківського, 35, корп.2 та на сайті www.dea.edu.ua.

Автореферат розіслано 28 вересня 2020 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради Д 26.880.01



Іващенко Т. Г.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Карбоновмісний пил, як один з головних негативних екологічних чинників, утворюється у вугільних шахтах і надходить у повітря під час усіх процесів вуглевидобутку: бурових робіт, процесів відбивання і накидання, при операціях з механічного та самопливного транспортування вугілля та продуктів вуглезбагачення, що пояснюється крихкістю самого вугілля.. Кількість пилових часток у повітрі може досягати більше 35 тис/см³. Концентрація пилу під час роботи прохідного комбайна сягає сотень мг/м³.

Забруднення довкілля карбоновмісним пилом спричиняє майже 1 мільйон смертей щорічно у всьому світі. Вплив часток пилу на здоров'я людини та на екосистеми має як короткочасну, так і довгострокову дію. Карбоновмісний пил небезпечний як транспортер в організм людини і тварин шкідливих та отруйних речовин, які можуть осідати на тонкодисперсних вугільних частках. Карбоновмісний пил є основним транскордонним екологічним забруднювачем, що переноситься на значні відстані. Викинутий через вентиляційні системи шахт грубодисперсний пил інтенсивно осідає в межах санітарно-захисних зон шахт. А тонкодисперсний – виноситься за їх межі, забруднюючи довкілля на відстані до 3500 м від вугільної шахти. Забруднення довкілля та зміна його екологічних параметрів у всіх геосферах мають повільний, накопичувальний ефект негативних наслідків, які виявляється через багато десятиліть.

Поліпшення якості атмосферного повітря повинно вирішуватися шляхом удосконалення існуючих та впровадження ефективніших технологій видобутку вугілля. Екологічна небезпека викидів карбоновмісного пилу зумовлює необхідність проведення заходів щодо знепилювання шахтних вентиляційних потоків і зниження викидів пилу до атмосфери.

Дослідження вітчизняних та закордонних фахівців техногенних екологічних загроз від розповсюдження та накопичення карбоновмісного пилу в основних об'єктах та екосистемах навколо вугільних шахт (Б. А. Грядущий, В.Б. Гого, В. М. Єрмаков, А. Б. Качинський, С. П. Іванюта, А. Н. Кульбачний, С. Ю. Єрохін, Jiuping Xu, Yi Tan, W. S. Liu та ін.) свідчать про те, що боротьба з карбоновмісним пилом є складною науково-практично задачею.

Отже, розкриття особливостей впливу головних чинників на ефективність процесів взаємодії диспергованих водних струменів з карбоновмісним пилом у технологіях пилопригнічення з метою запобігання забруднення ним довкілля є актуальною проблемою, вирішення якої є передумовою науково-технічного прогресу у сфері екологічної безпеки та сприятиме більш ефективній та екологічно безпечній експлуатації вугільних ресурсів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Цю дисертаційну роботу відповідно до реалізації Закону України «Основні засади (стратегія) державної екологічної політики України на період до 2030 року» від 28 лютого 2019 р. № 2697-VIII; «Концепція реформування та розвитку вугільної промисловості на період до 2020 року від 24 травня 2017 р. № 733-р, головних напрямків наукових досліджень ДВНЗ «Донецький національний технічний університет» за «Програмою науково-технічного розвитку Донецької області на період до 2020» №195/16 від 12 травня 2015р., а також в рамках НДР у ДВНЗ

«ДонНТУ» «Високоєфективне обладнання при видобутку та переробці корисних копалин» (№ держ.реєстр. Д 9-12), НДР «Визначення впливу місця видалення відходів (зберігання залишків) ТОВ «Євро-Реконструкція» на забруднення атмосферного повітря, ґрунту, поверхневих та підземних вод; НДР «Проведення експериментальних робіт із знепилювання шлаконакопичувача» (№ держ. реєстр. 0118U001430) від 05.2018; НТР ДЗ «Державна екологічна академія післядипломної на освіти та управління»: «Моніторинг виконання природоохоронних робіт та екологічного стану природного довкілля діючих та ліквідованих вугільних підприємствах, розроблення пропозицій щодо його поліпшення» (№ держ.реєстр. 0116U005852), в яких здобувачка була виконавцем.

Ідея роботи. Запобігання негативного впливу на довкілля й людину техногенного забруднення карбоновмісним пилом шляхом впливу на нього диспергованими водними струменями з визначеними параметрами.

Мета роботи. Розкрити особливості впливу головних чинників на ефективність процесів взаємодії диспергованих водних струменів з карбоновмісним пилом у технологіях запобігання забруднення ним довкілля.

Для досягнення поставленої мети були сформульовані наступні **задачі**:

- проаналізувати світову та національну статистику техногенного забруднення повітря карбоновмісним пилом та його негативного впливу на довкілля та здоров'я людей, а також проаналізувати сучасний стан способів і технічних засобів гідрознепилення та виявити шляхи зменшення його негативного впливу на довкілля;

- визначити та обґрунтувати методологію, методи, та методики досліджень;

- дослідити: механізм захоплення зваженого карбоновмісного пилу диспергованими водними струменями в замкнених і напівзамкнених об'ємах і визначити залежність коефіцієнта «захоплення» часток від параметрів водяного факелу; механіко-електростатичну взаємодію розпиленої води з карбоновмісним пилом і розробити фізичну модель процесу; механізм руху аеродисперсних середовищ в замкнених і напівзамкнених об'ємах з урахуванням гравітаційних сил під час різних режимів руху повітря; можливість і доцільність комплексного використання грубодиспергової рідини та туманоутворюючих завіс;

- для підвищення рівня екологічної безпеки розробити рекомендації з гідрознепилення повітря в забоях та підготовчих виробках для створення умов більш екологічних технологій виробництва і зменшення шкоди довкіллю та впровадити результати дослідження на підприємствах підвищеної шкідливості за пиловим чинником.

Об'єкт дослідження: ефективність процесів взаємодії диспергованих водних струменів з карбоновмісним пилом у технологіях запобігання забруднення ним довкілля.

Предмет дослідження: вплив чинників на ефективність процесів взаємодії диспергованих водних струменів з карбоновмісним пилом у технологіях запобігання забруднення ним довкілля.

Методи досліджень. Для вирішення поставлених завдань у роботі використовувалися сучасні методи наукових досліджень: аналіз – для узагальнення сучасних науково-технічних досліджень щодо запобігання

забруднення довкілля у результаті потрапляння карбоновмісного пилу з вугільних шахт у довкілля; теоретичні дослідження – для вивчення процесів взаємодії факелів диспергованої води з пиловими струменями; лабораторні дослідження – для визначення параметрів аерозольно-водяних завіс; експериментальні дослідження – для вимірювань параметрів гідрознепилення у аеродинамічній трубі; розрахунковий метод – для визначення імовірності пилоутворення; математичне планування – для побудови математичної моделі на основі використання Д-оптимального плану другого ступеню; графо-аналітичний метод.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у розробці математичної моделі динаміки взаємодії пилових і диспергованих водяних потоків в гравітаційному й електростатичному полях, що відрізняються обліком сумарного лінійного та квадратичного супротиву руху крапель при турбулентному, проміжному й ламінарному режимах руху повітря.

При цьому:

- *вперше* встановлено, що в активній зоні за рахунок перекриття всього розрізу виробки можна знизити концентрацію пилу на 50 – 80%, а за межами розрізу - на 40 – 60%, а за рахунок електростатичних сил концентрацію пилу можна знизити на 80 – 90%.

- *вперше* встановлено, що в активній зоні дії факела ефективність пилоуловлення визначається величиною і напрямком вектору швидкості крапель рідини, а за межами активної зони – величиною швидкості падіння крапель у турбулентному режимі й електростатичними силами, основна з яких – напруженість полів пилового й диспергованого водного потоку;

- *вперше* встановлено, що в активній зоні факела доцільно використовувати грубодисперсну рідину, а за межами активної зони установлювати додатково туманоутворюючу завісу в 5 – 10 м від першого факелу для досягнення максимальної ефективності гідрознепилення;

- *удосконалено підхід щодо* практичних розрахунків ефективності гідрознепилення за допомогою запропонованої в роботі нової формули;

- *набуло подальшого розвитку* комплексне теоретичне уявлення про механіко-електростатичну взаємодію диспергованої рідини з завислим у повітрі карбоновмісним пилом.

Практичне значення отриманих в роботі результатів (технічна новизна) полягає в наступному:

- результати дисертаційної роботи увійшли до «Рекомендацій з гідрознепилення повітря для підвищення рівня екологічної безпеки», які апробувались науково-впроваджувальною фірмою «Геотехнологія» та використовувались у виробничій діяльності на Державному підприємстві «Мирноградвугілля» відокремленому підрозділі «Шахта 5/6», «Шахта Капітальна», та в ТОВ «Плисецький гранітний кар'єр»;

- матеріали теоретичних і експериментальних досліджень успішно використовуються у науково-педагогічній роботі кафедр природоохоронної діяльності та охорони праці, а також були впроваджені у навчальний процес підготовки фахівців з екологічних і гірничих спеціальностей при викладанні курсу лекцій, під час лабораторних та практичних занять за дисциплінами «Екологічна

безпека», «Техніка екологічно чистих та енергозберігаючих технологій», «Охорона праці в галузі» у Донецькому національному технічному університеті МОН України; у навчальному процесі кафедри екологічної безпеки й кафедри екології та екологічного контролю Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління;

- створена унікальна експериментальна установка з визначення параметрів пилопригнічення за допомогою традиційних та нових засобів пилопригнічення;

- виконаний розрахунок і представлена матриця необхідної кількості експериментів з використанням сучасних методів математичного планування;

- проведені натурні випробування на шахтах Донбасу показали високу ефективність запропонованих форсунок та підтвердили доцільність їхнього використання;

- розроблено рекомендації з гідрознепилення повітря в забоях та підготовчих виробках для створення умов більш екологічних технологій виробництва для зменшення шкоди довкіллю.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень забезпечується логічною відповідністю поставлених задач обраній методології та методикам досліджень; використанням сучасних методів теоретичного аналізу; проведенням експериментальних досліджень з використанням апробованих методик і сучасного сертифікованого обладнання; застосуванням класичних положень теорії аерології аеродисперсних середовищ, гідравліки; задовільною збіжністю результатів теоретичних та експериментальних досліджень; публікаціями у наукометричних, вітчизняних та закордонних фахових виданнях, а також представлення їх на наукових форумах та конференціях.

Особистий внесок автора полягає в аналізі стану проблеми, у формуванні та розробленні ідеї, мети і теми дисертації, теоретичному обґрунтуванні напрямків досліджень, самостійному аналізі літературних джерел з питань боротьби з карбоновмісним пилом, та способах і методах знепилення за рахунок зрошення водою, визначенні мети та постановці задач досліджень, розробленні плану виконання досліджень, теоретичному обґрунтуванні та експериментальному дослідженні механізму гідрознепилення з урахуванням впливу електростатичних і гравітаційних полів на інтенсивність процесу осаду пилу, в плануванні та математичній обробці результатів лабораторних і шахтних досліджень. Головні результати теоретичних та експериментальних досліджень, представлених у дисертаційній роботі, наведені у наукових працях, поданих у списку робіт: отримані автором самостійно опубліковані одноосібно [2,4,5,8-11,13]. Особисто автором у роботах, опублікованих у співавторстві, було: виконано огляд літератури з метою дослідження небезпечних факторів впливу на організм людини та на довкілля [3,14,15]; проведено аналіз сучасних екологічних проблем викликаних внаслідок забруднення довкілля карбоновмісним пилом від вугільних шахт [14,15]; розроблено та удосконалено сучасні методи та технології пилоподавлення шляхом застосування водяних аерозольно-крапельних факелів, проведено експериментальні дослідження [1,7,12]; удосконалено та використано в експериментах методу та геометрію впливу водяних аерозольно-крапельних завіс на потоки карбоновмісного пилу, узагальнено результати досліджень [6].

Апробація результатів дисертації. Головні положення, наукові результати теоретичних та експериментальних досліджень за напрямком дисертаційної роботи доповідалися, обговорювалися та були схвалені на наукових, науково-практичних конференціях і конгресах, а саме: 2-й Міжнародно-практичний форум «Технології та процеси в гірничій справі та будівництві» 9 – 11 квітня 2014 р. у ДонНТУ; Науково-технічна конференція для молодих вчених “Young Scientists’ Researches and achievements in science” 17 квітня 2014 р. в ДонНТУ; Міжнародна конференція «Eurasia Waste Management Symposium» 28-30 квітня 2014 р. в Yildiz Technical University, Стамбул, Туреччина; Всеукраїнська науково-практична конференція з міжнародною участю «Надзвичайні ситуації: безпека та захист» 9 – 10 жовтня 2015 р. в Черкаському інституті пожежної безпеки імені героїв Чорнобиля, м. Черкаси; Міжнародна конференція «19 th Conference on Environment and Mineral Processing», 29-31 травня 2015 р. у Technical University of Ostrava, Острава, Чехія; World Water-Tech Innovation Summit, 20 – 21 лютого 2018 р., Лондон, Велика Британія; III Міжнародна науково-практична конференція «Екологічна безпека як основа сталого розвитку суспільства. європейський досвід і перспективи» 14 вересня 2018 р. у ЛДУБЖД, м. Львів; XV Міжнародна науково-практична конференція «Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення» 9 – 13 вересня 2019 р., в УкрНДІЕП, м. Харків; VI Міжнародна науково-практична конференція «Безпека життєдіяльності на транспорті і виробництві – освіта, наука, практика», 11 – 14 вересня 2019 р. в Херсонській державній морській академії, м. Херсон; XIII Міжнародна науково-технічна конференція «Проблеми екології та енергозбереження» 20-22 вересня 2019 р. у Національному університеті кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв; XVII Міжнародна науково-технічна конференція «Проблеми екологічної безпеки», 02-04 жовтня 2019 р. у Кременчуцькому національному університеті імені Михайла Остроградського, м. Кременчук; 7-а Міжнародна наукова конференція «Pollutioncontrol & sustainable environment», 2-3 березня 2020, м. Рим, Італія.

Публікації. За результатами дисертаційної роботи опубліковано 15 наукових праць, з яких 1 стаття у наукометричній базі SCOPUS, 4 статті – у виданнях, що входять в іноземні фахові видання та наукометричні бази, 5 статей – у наукових виданнях, рекомендованих ВАК України, та 5 наукових доповідей у збірниках наукових праць конференцій та форумів, у тому числі міжнародних, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається з вступу, п’яти розділів, висновків та списку використаних джерел. Матеріали дисертації викладено на 163 сторінках комп’ютерного тексту, з яких основний текст – на 134 сторінках. Роботу проілюстровано 38 рисунками, 22 таблицями. Перелік використаних джерел налічує 171 найменування.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність та наведено ідею дисертаційної роботи, мету, об’єкт, предмет та основні завдання досліджень, з’ясовано наукову новизну і практичну цінність отриманих результатів, дані про особистий внесок здобувача, дані про впровадження та апробації.

У першому розділі на підставі огляду літературних джерел зроблено аналіз світової та національної статистики впливу карбоновмісного пилу на довкілля і людину, проаналізовано існуючі теорії та практики використання засобів гідравлічного пилоподавлення, спрямованих на поліпшення стану повітря за пиловим чинником, аналіз інтернет-пошуку за ключовими словами дисертації.

Основними забруднювачами довкілля нашої країни викидами твердих часток у продовж багатьох років є підприємства переробної та добувної промисловості (відповідно 32,9 та 17,2 % шкідливих викидів), про що свідчать дані рис. 1.

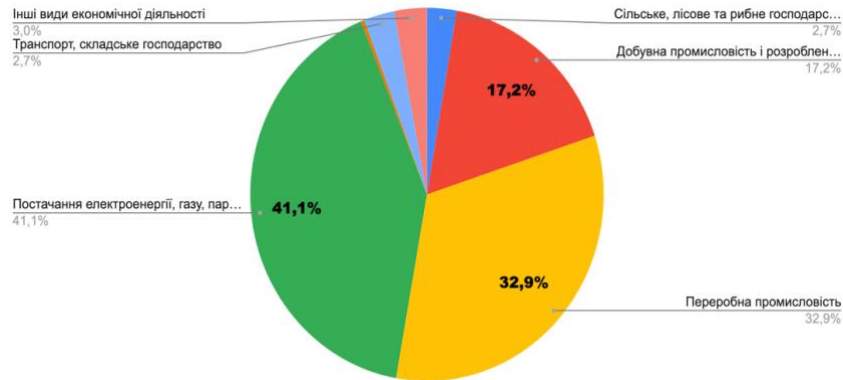


Рисунок 1 – Розподілення обсягів викидів забруднюючих речовин у атмосферне повітря від стаціонарних джерел забруднення у 2015 році за галузями промисловості (за даними Національної Доповіді)

Огляд літератури з питань викидів пилу, під час основних процесів видобутку вугілля, показав, що важливою екологічною проблемою, яка супроводжує експлуатацію вугільних шахт є забруднення атмосферного повітря карбоновмісним пилом, який може впливати на якість повітря протягом значного часу і переміщуватися від сотень до тисяч кілометрів, залежно від вітру та інших метеорологічних умов. Транспортування пилових часток на значну відстань робить характер забруднення транскордонним.

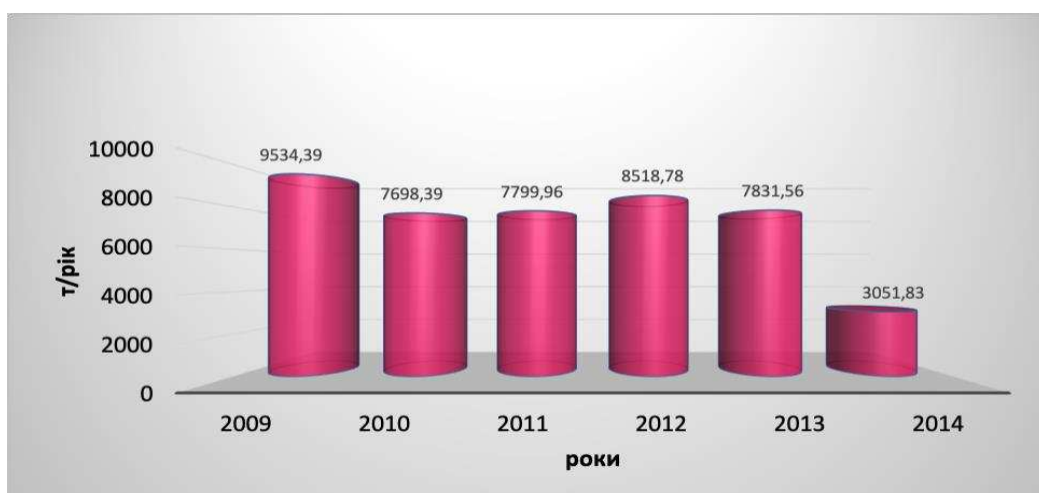


Рисунок 2 – Викиди в атмосферне повітря карбоновмісного пилу вугільними шахтами України за 2009-2014 роки*

* – з 2014 року без урахування тимчасово окупованих територій у Донецькій та Луганській областях.

Аналіз підтвердив шкідливий вплив карбоновмісного пилу на навколишнє середовище: повітря, воду, ґрунт і взагалі на екологічну ситуацію місцевості, де існують операції з видобутку вугілля (рис. 3).

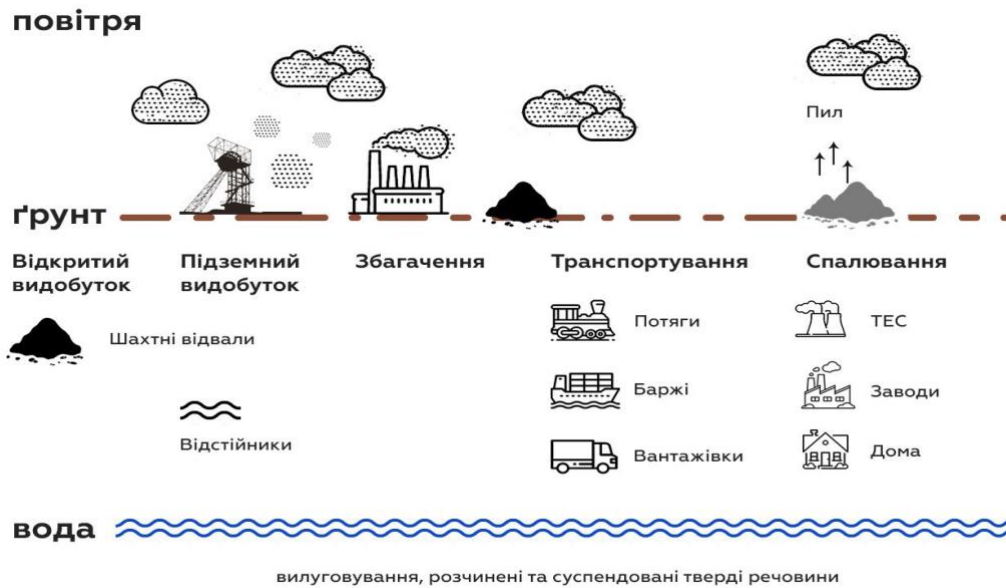


Рисунок 3 – Екологічні наслідки впливу карбоновмісного пилу на довкілля під час видобутку, транспортування, зберігання та переробки вугілля.

Це спричиняє порушення екосистеми та загрожує здоров'ю людини. Негативний вплив на здоров'я населення пов'язаний як з короткочасною, так і з довгостроковою дією часток пилу (табл. 1).

У XXI столітті захист екологічного та геологічного середовища привертає все більше уваги у галузі видобутку з метою реалізації стратегії сталого розвитку ООН. Інтеграція розвитку мінеральних ресурсів та охорони навколишнього природного середовища стала важливою тенденцією розвитку в міжнародній гірничій галузі. Скорочення викидів забруднюючих речовин в атмосферу є одним із пріоритетів екологічної безпеки у вугільній галузі. Запобігання утворенню карбоновмісного пилу та потрапляння його в атмосферу є важливою і невід'ємною частиною видобутку вугілля.

На основі аналізу статистичних даних виявлено, що жоден з відомих способів і засобів гідрознепилення не забезпечують зниження запиленості повітря до санітарних норм. Це вимагає пошуку нових способів та засобів знепилення з підвищенням ефективності та надійності на основі подальших теоретичних та експериментальних досліджень. Аналіз розглянутих літературних джерел показав, що у теперішній час відсутні теоретичні та експериментальні дослідження з питання вивчення механізму захоплення зваженого карбоновмісного пилу диспергованими водними струменями, з вивчення механіко-електростатичної взаємодії розпиленої води з карбоновмісним пилом. Відсутня фізична модель процесу. До кінця не вивчений механізм руху аеродисперсних середовищ вугільних шахт з урахуванням гравітаційних сил під час різноманітних режимів руху повітря. Науково-теоретична і практична важливість викладених проблемних питань, результати аналізу дозволили сформулювати мету та завдання наукових досліджень, наведені вище.

Таблиця 1. Наслідки проявів екологічної небезпеки карбоновмісного пилу в межах місцевості, де існують операції з видобутку вугілля

Середовище	Екологічний аспект і джерела	Типи і/або шляхи	Потенційна дія
Повітря	Викиди пилу Джерело: вітрова ерозія відвалів, бортів кар'єрів та сховищ, пил машинного відбивання, подрібнення; навантажно-розвантажувальних та транспортних операцій, буріння свердловин. діючі об'єкти або мобільне устаткування, яке порушує шар ґрунту	Частки вугілля і породи	Збільшення кількості респіраторних захворювань робітників Збільшення кількості алергічних та респіраторних захворювань серед населення прилеглих територій Збільшення смертності від серцевих та дихальних захворювань Забруднення повітря
Ґрунти	Переніс пилу на ґрунт Джерела: покинуті матеріали, завислий пил з породних відвалів, та місць зберігання вугілля, від збагачення та транспортування вугілля, завислий у воді осад, забруднювачі, розчинені в стоках, фільтратах або водах, які відкачуються	Похідні завислі частки ґрунту і породи, солі, метали і з'єднання Органічні похідні неповного згорання вугілля	Забруднення ґрунтів Зменшення придатності прилеглих ґрунтів для відновлення рослинності
Поверхневі води	Пиловий осад	Розчинені або захвачені смолисті похідні вугілля, карбоновмісний пил	Негативні наслідки для здоров'я населення, які знаходяться нижче за течією Негативний вплив на водні екосистеми: мутність води, занижений вміст розчиненого кисню в результаті підвищеної біологічної і хімічної потреби в кисні Зменшення комунального водопостачання (деградація в результаті потенційного сільгосподарського або промислового використання) Втрата водних шляхів (наприклад рекреаційна, риболовство) Збільшення витрат на очищення води Підкислення і евтрофікація (заростання водоростями) водних об'єктів.
Підземні води	Дренаж забруднених вод Джерела: Відвали – поверхневий дренаж Фільтрати відвалів Дренаж земель з порушеним ґрунтовим шаром і дренаж з об'єктів Дренаж ґрунтових вод, що відкачуються з різних геохімічних водонесних шарів, які скидаються на поверхні	Розчинені або захвачені смолисті похідні вугілля, карбоновмісний пил	Негативні наслідки для населення нижче за течією і приймаючих екосистем у зв'язку з підвищеною біологічною і хімічною потребою в кисні Зменшення комунального водопостачання (деградація в результаті потенційного сільськогосподарського або промислового використання) Втрата водних шляхів (наприклад рекреаційна, риболовство) Збільшення витрат на очищення води

У другому розділі розроблена логічно-структурна схема методології дисертаційних досліджень (рис. 3), у основу якої покладено основні методи експериментальної інформатики із застосуванням методів математичного моделювання та статистики, системного підходу, причинно-наслідкових зв'язків та ін. Із застосуванням розроблених методик, створеного експериментального обладнання та результатів лабораторних і полігонних досліджень, передбачено розкриття особливостей впливу чинників на ефективність процесів взаємодії диспергованих водних струменів з карбоновмісним пилом у технологіях запобігання забруднення ним довкілля.

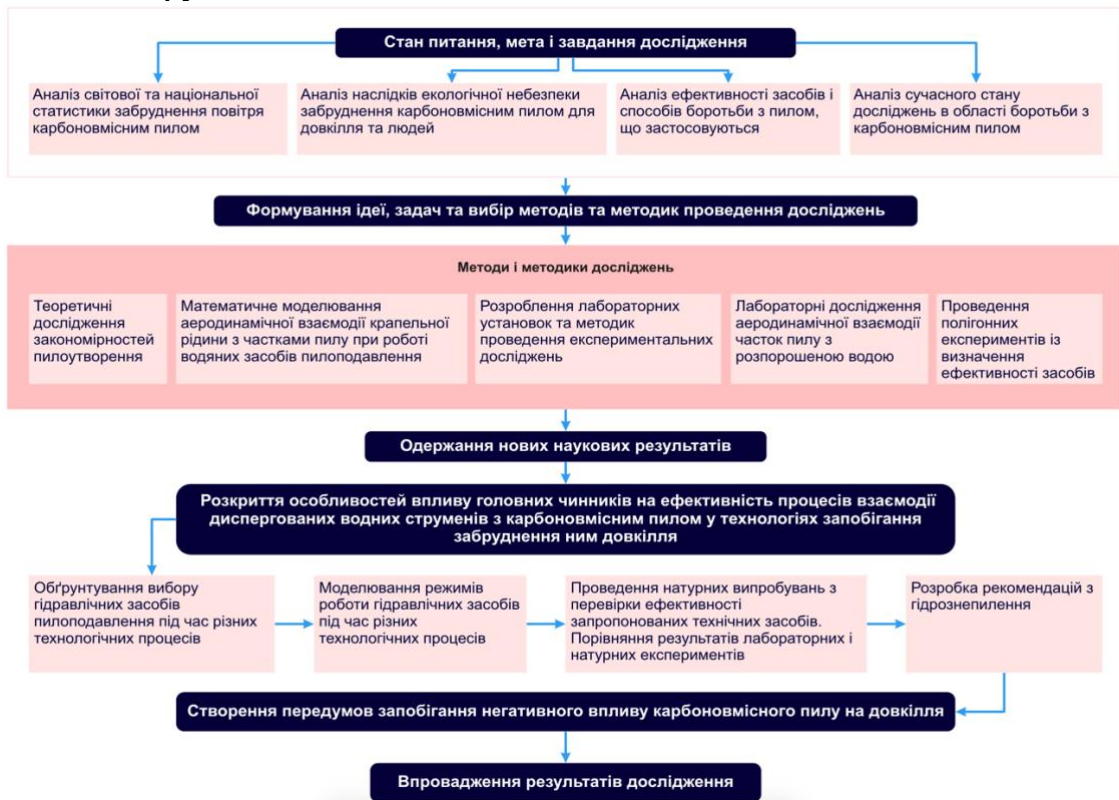


Рисунок 4 – Структурно-логічна схема проведення дисертаційного дослідження

Наведені також теоретичні дослідження процесів пилоутворення в вугільних шахтах і оцінка ефективності режимів роботи гідравлічних засобів пилоподавлення в різних умовах.

При цьому, на основі відомих теоретичних і експериментальних даних взаємодії диспергової рідини з завислим карбоновмісним пилом уточнена фізична модель захоплення часток пилу. Виходячи з того, що кореляційного зв'язку між змочуваністю пилу й ефективністю гідрознеплення не спостерігається, припущено, що суттєвий і визначальний внесок до механізму взаємодії крапель рідини з частками пилу вносять три сили: гідродинамічна в активній зоні факелу зрошення, гравітаційна й електростатична – за її межами.

Дослідження процесів взаємодії зваженого карбоновмісного пилу і диспергової рідини у вентиляційному струмені проведено із розглядом динаміки пилових і диспергованих водних струменів. Такий розгляд дав можливість визначити швидкості, траєкторії і дальність польоту як часток пилу, так і крапель рідини в виробці, що дозволило установити науково-обґрунтовану ефективність гідрознеплення зрошенням.

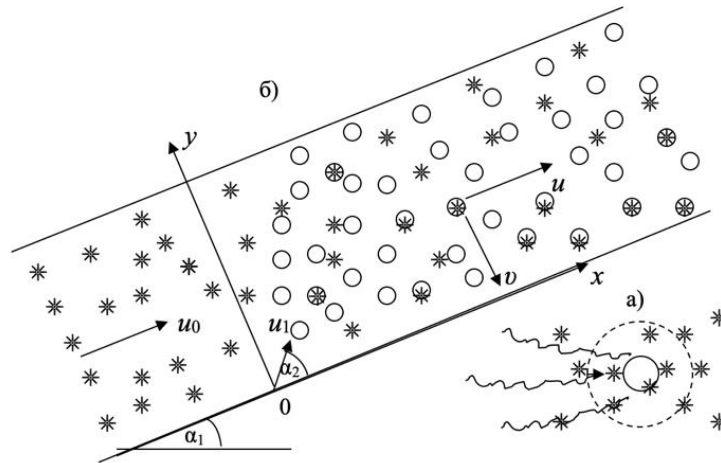


Рисунок 5 – Схема руху (б) та механіко-електростатичної взаємодії (а) розпорошеної рідини (кружечки) з карбоновмісним пилом (зірочки) у похилій виробці.

З аналізу можливих значень локального числа Рейнольдса встановлено, що воно може змінюватися в широких межах. Отже, рух часток пилу і крапель рідини переходить від турбулентного режиму до ламінарного, захоплюючи і перехідний режим. Тому зроблено висновок, що розгляд тільки ламінарного режиму з використанням закону Стокса, як у деяких роботах, може привести до грубих помилок. Тим більше не можна користуватися законом Стокса для повздовжньої швидкості в активній зоні дії факелу, де локальні числа Рейнольдса можуть сягати декілька тисяч.

Знаючи координати місцезнаходження крапель рідини визначено траєкторії їхнього польоту. З рис.6 видно, що крапля при куті 75° спочатку злітає, а потім під тим же кутом опускається, а при куті 0° спочатку рухається прямолінійно, а потім починає знижуватися

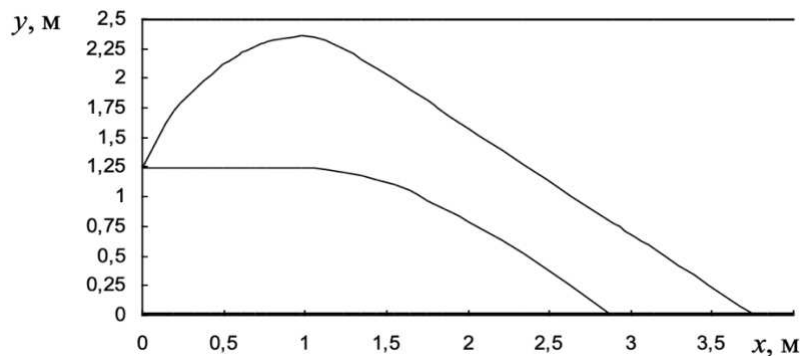


Рисунок 6 – Межі траєкторій польоту крапель рідини діаметром 200 мкм в гірничій виробці при куті розхилу форсунки 75°

На рис. 7 представлені результати розрахунку положення крапель рідини діаметром 100 мкм над ґрунтом виробки в залежності від відстані до форсунки за початкової висоти $h_1 = 1$ м і куті похилу форсунки до горизонту 0° . Там же нанесена штрихова лінія, що вказує на те, що положення частки пилу діаметром 10 мкм майже не змінюється на вказаній довжині.

Крапля рідини спочатку дотримується прямолінійного шляху руху, а потім починає наближатися під дією сил тяжіння до ґрунту виробки, в той час як частка пилу залишається приблизно на тій же висоті.

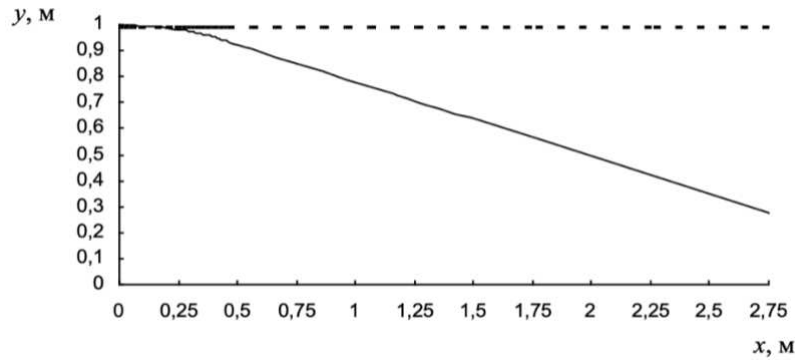


Рисунок 7 – Положення краплі рідини діаметром 100 мкм (суцільна лінія) и частки пилу діаметром 10 мкм (штрихова лінія) над ґрунтом виробки в залежності від відстані до форсунки

Отримані результати динаміки часток пилу і крапель рідини дозволили дослідити, як відбувається взаємодія розпорошеної рідини з карбоновмісним пилом в активній зоні факела. Взаємодія можлива за рахунок виникнення відносної швидкості руху часток пилу і крапель рідини, в результаті чого відбувається «прочісування» краплями води хмари зваженого пилу. Цей ефект тим більше, чим час «прочісування» більше і чим більше концентрації крапель рідини і часток пилу.

За межами динамічно активної (турбулентної) зони дії факелу рух крапель рідини стане стаціонарним, оскільки їхні швидкості практично зрівнюються зі швидкістю вентиляційного потоку. Зміна концентрації пилу за межами активної зони буде відбуватися не за часом, а за довжиною виробки.

Підсумкову ефективність пиловловлення запропоновано визначити як добуток імовірностей під час дії трьох незалежних одна від одної сил: динамічної, гравітаційної і електростатичної:

$$P = P_1 P_2 P_3 = \exp \left[- \frac{3nq_\phi / d_k}{2\rho Q_0} \left\{ \frac{e_0 k_\phi S_\phi l}{S} + \frac{(e_{sp} + e_s)v_2}{k v_2 / h + \gamma \Omega / S} \right\} \right] \quad (1)$$

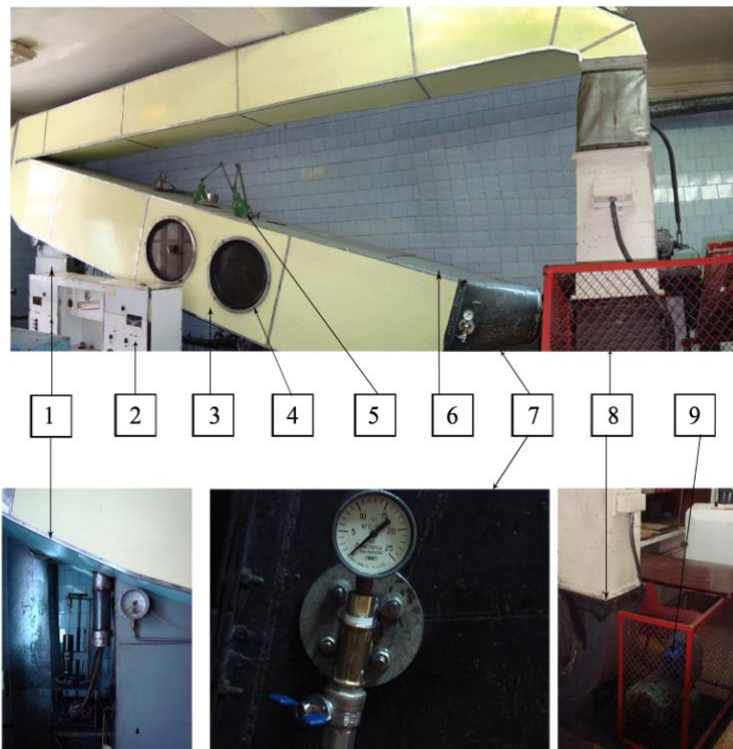
де P_1 – імовірність зниження запиленості під дією одного факелу; P_2 – імовірність пиловловлення у полі гравітаційних сил ($e_s = 0$); P_3 – імовірність пиловловлення у полі електростатичних сил ($e_{sp} = 0$); e_{sp} – коефіцієнт захоплення під час дії гравітаційних сил; e_s – коефіцієнт захоплення під час дії електростатичних сил; n – кількість факелів форсунок в аналізованому об'ємі; q_ϕ – витрата крапельної рідини через одну форсунку, кг/с; d_k – середньогармонічний діаметр крапель рідини, м; ρ – щільність, кг/м³; Q_0 – витрата повітря, м³/с; k_ϕ – коефіцієнт заповнення дисперговою рідиною об'єму виробки в активній зоні дії факелу (для конусної форсунки $k_\phi = 1/3$; для відцентрової форсунки при повному розкритті факелу $k_\phi = 1$); S – площа повздовжнього розрізу виробки, м²; l – довжина факелу, м; v_2 – швидкість осадження крапель під дією сил гравітації, м/с; k – коефіцієнт неравномірного розподілу крапель рідини по висоті; h – висота виробки, м; γ – коефіцієнт втрат крапель рідини на стінках виробки; Ω – тілесний або просторовий кут.

Результати розрахунку показали, що імовірність пиловловлення часток пилу у полі гравітації тим менше, чим менше їх діаметр, а напруженість пилового потоку також грає велику роль, збільшуючи імовірність гідрознепилення.

Таким чином, розроблена математична модель динаміки пилових і диспергованих водних струменів і результати дослідження їх взаємодії в гравітаційному і електростатичному полях дозволила науково-обґрунтовано визначити раціональні параметри факела зрошення. Ще більшу достовірність результатів теорії дозволили підтвердити додаткові експериментальні дослідження в даному напрямку.

У **третьому розділі** наведені висновки з обробки даних проведених експериментальних дослідів із визначення параметрів водяних завіс на основі запропонованих розпилювачів.

Дослід проводився на унікальній лабораторній установці НДІГС (рис. 8), яка представляє собою модель горизонтальної і похилої гірничих виробок постійного розрізу (80*80 см.), в масштабі 1 до 4 натуральної величини гірничих виробок шахти ім. Бажанова. За допомогою спеціального пристрою – дозатора пилу, конструкції НДІГС попередньо підготовлений на млині вугільний пил із заданою дисперсністю часток подавався в глибину установки, де створювалася його необхідна концентрація шляхом змішування з розрахунковою кількістю повітря. Величина об'ємної концентрації визначалася за допомогою стандартних приборів типу “АЕР-5”. Після відробки режимів запуску пилу почергово включали запропоновані водяні форсунки і порівнювали ефективність їхнього пилопригнічення зі стандартними розпилювачами.



- 1 - пристрій для запуску і дозування пилу;
- 2 - пульт управління установкою;
- 3 - аеродинамічні труби, які імітують гірничі виробки;
- 4 - ілюмінатор для спостереження за процесом пилопригнічення;
- 5 - лампи освітлення внутрішньої частини аеродинамічних труб;
- 6 - з'ємні технологічні люки;
- 7 - вузол управління водяними форсунками;
- 8 - вентилятор мережі гірничих виробок;
- 9 - двигун вентилятора.

Рисунок 8 – Лабораторна установка для проведення дослідження з відпрацювання режимів пилопригнічення.

Установка оснащена наступними приладами і обладнанням: психрометром, датчиком температури, ілюмінаторами, світильниками, вентилятором, манометром, мікроманометрами, трубкою Піто - Прандтля. Крім того, по розрізу розташовані 3 водяні форсунки, з можливістю їх одночасного чи почергового

ввімкнення зі зміною напрямку водяних струменів (за ходом повітряного струменю, проти ходу і перпендикулярно).

Дослідження математично планувалися. Був застосований метод, заснований на побудові математичної моделі процесу, яка описує пошукову залежність. Для побудови моделі був використований Д-оптимальний план другого ступеню. Отримані експериментальні дані оброблювались із використанням загальноприйнятих статистичних методів. Експерименти проводились з метою встановлення: геометричних розмірів поодинокого водяного факелу в залежності від величини тиску перед форсункою; відстані між форсунками для повного перекриття перетину виробки. Випробовувалися два типи форсунок – розбризкувачів РТ-СЛ і РТ1.2-СЛ.

Схема розміщення розбризкувачів перед водомірним щитом в процесі дослідження зображена на рис. 9 за схемами 1, 2 і 3.

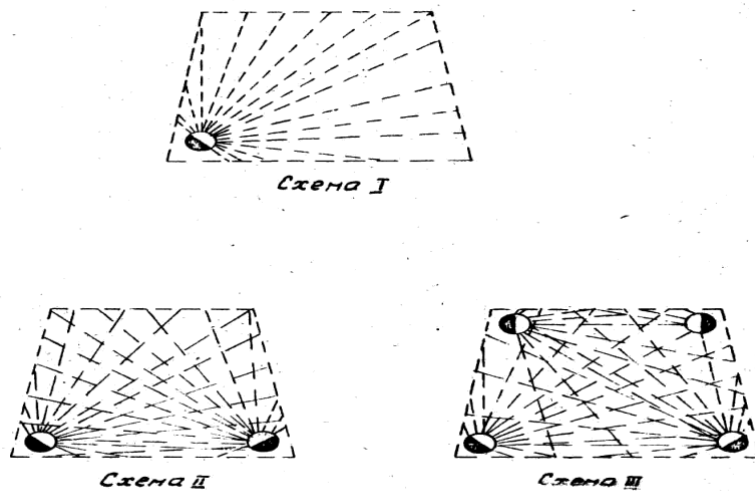


Рисунок 9 – Схеми розташування форсунок

У **четвертому розділі** наведені результати лабораторних досліджень та порівняння їх із розрахунковими величинами.

При проведенні лабораторних досліджень використовувалися різноманітні типи розпилювачів (ФТ-СЛ -1, РТ-СЛ і РТ 1.2-СЛ) з однією форсункою і з декількома типовими форсунками КФ і ПФ. Крім того, змінювався напрямок факелу: вздовж вентиляційного потоку, перпендикулярно до нього і проти потоку.

Для порівняння експериментальних даних з розрахунковими даними використовувалася формула

$$C = C_1 \exp \left[- \frac{1,5(0,68 + 0,32n)l}{\rho d_k} \frac{q_\phi}{Q_0} \{0,9 + [3,3(a - 0,45\alpha / 180) - 1,1]h / l\} \right] \quad (2)$$

де $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$; $e_0 = 1$; $k_\phi = 1$; $S_\phi = S$, м^2 ; $h = 0,8 \text{ м}$, a – емпірична константа.

На рис. 9, 10, 11 представлені результати порівняння розрахункових (криві лінії) і експериментальних даних гідрознепилювання (маркери) при роботі різноманітних типів розпилювачів з однією форсункою в напрямку, перпендикулярно та проти вентиляційного потоку відповідно. На рис.12 наведені результати порівняння розрахункової кривої з експериментальними даними.

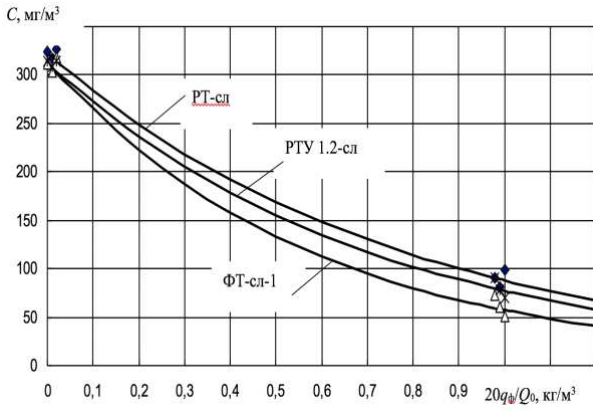


Рисунок 9 – Результати порівняння розрахункових (криві лінії) і експериментальних даних гідрознепилення (маркери) при роботі різноманітних типів розпилювачів з однією форсункою в напрямку вентиляційного потоку

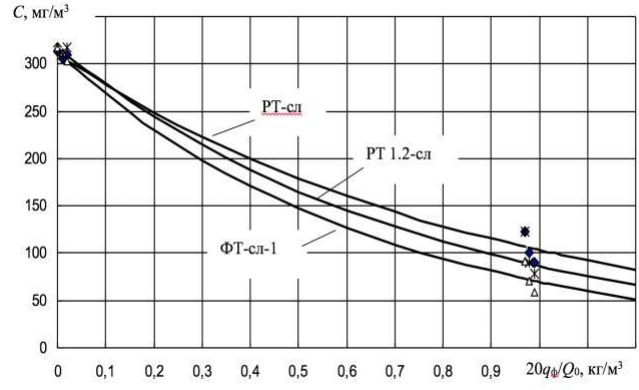


Рисунок 10 – Результати порівняння розрахункових (криві лінії) і експериментальних даних гідрознепилення (маркери) при роботі різноманітних типів розпилювачів з однією форсункою перпендикулярно вентиляційному потоку

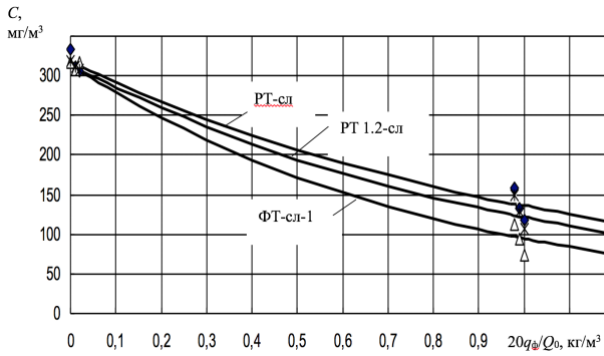


Рисунок 11 – Результати порівняння розрахункових (криві лінії) і експериментальних даних гідрознепилення (маркери) при роботі різноманітних типів розпилювачів з однією форсункою проти вентиляційного потоку

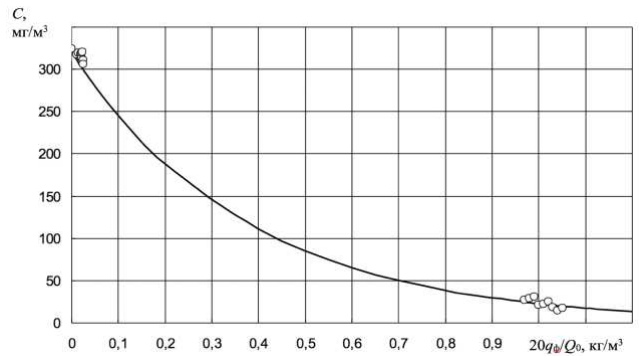


Рисунок 12 – Результати порівняння розрахункової кривої з експериментальними даними гідрознепилення (кружечки) при роботі трьох розпилювачів РТУ-СЛ і одного розпилювача РТ1.2-СЛ за напрямком вентиляційного потоку

Аналіз отриманих результатів показав, що найбільший ефект гідрознепилення має місце при напрямку факелів за потоком, і найменший ефект, коли факели направлені проти потоку повітря. Це зауваження увійшло до «Рекомендацій з гідрознепилювання повітря в забоях і підготовчих виробках для підвищення рівня екологічної безпеки». Обробка експериментальних даних показала, що ефективність гідрознепилення не прямо пропорційна кількості форсунок, а пов'язана залежністю

$$n(0,32+0,68/n)=0,68+0,32n \tag{3}$$

В результаті виконаних теоретичних і експериментальних досліджень запропонована зручна для практичних розрахунків ефективності формула:

$$C = C_1 \exp \left[- \frac{1,5(0,68 + 0,32n)l}{\rho d_k} \frac{q_\phi}{Q_0} \{0,9 + [3,3(a - 0,45\alpha/180) - 1,1]h/l\} \right] \tag{4}$$

Формула (4) перевірена на черговій серії експериментів з розпилювачами ФТ, РТ і РТУ при різноманітних витратах повітря і співнаправленої з ним роботі форсунок (для розпилювачів РТ і РТУ $\alpha = 1,35$, для розпилювачів ФТ $\alpha = 1,7$; α – кут між напрямком факелу і віссю виробки, град). На рис.13 представлені результати порівняння розрахункових і експериментальних даних.

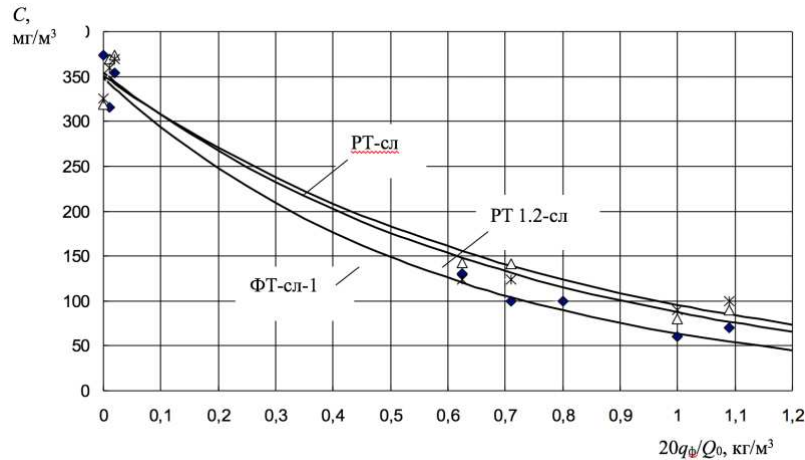


Рисунок 13 – Результати порівняння розрахункових даних за формулою (4) з експериментальними даними гідрознепилення при різноманітних витратах повітря і роботі форсунок у напрямку вентиляційного потоку.

В результаті виконаних теоретичних і експериментальних досліджень запропонована зручна для практичних розрахунків залежність ефективності гідрознепилення (4), що дозволяє враховувати параметри крапель, а також кількість розпилювальних форсунок і їх тип.

У **п'ятому розділі** наведено рекомендації щодо апробування та впровадження результатів досліджень, науково-обґрунтовані рекомендації з гідрознепилення повітря в забоях та підготовчих виробках для створення умов більш екологічних технологій виробництва і зменшення шкоди довкіллю

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі, яка є завершеною самостійно виконаною науковою працею, здійснено достатній обсяг методологічних, теоретичних та експериментальних досліджень, внаслідок чого вирішена важлива науково-прикладна технічна проблема наукового обґрунтування саме можливості подавлення процесів надходження екологічно небезпечного карбоновмісного пилу з вугільних шахт в навколишнє середовище. Тому на підставі цього можна сформулювати такі висновки:

1. Розроблено математичну модель динаміки взаємодії пилових і диспергованих водних потоків у гравітаційному та електростатичному полях, що відрізняються обліком сумарного лінійного та квадратичного спротиву руху крапель під час турбулентного, проміжного й ламінарного режимів руху повітря. Показано, що довжини динамічно активної зони факелу зрошення залежать від швидкості вильоту крапель рідини з форсунки і середнього діаметру крапель.

2. У вентиляційному струмені частки пилу не повинні обов'язково змочуватися і занурюватися до крапель рідини - цього може і не бути за природної і примусової зарядженості пилового і диспергованого водного струменів.

Попадаючи до сфери впливу електростатичних сил, частки спрямовуються до крапель, поки не впадуть до ґрунту виробки, не встигнувши коагулюватися.

3. Повздовжня і вертикальна складові швидкості і траєкторій польоту крапель рідини залежать від величини і напрямку початкової швидкості, від діаметрів крапель, кутів похилу виробки до горизонту і кутів розхилу факела. За результатами розрахунку параметрів руху диспергованої рідини її швидкості в 2-3 рази менші ніж за законом Стокса, за рахунок урахування турбулентності потоку.

4. Довжини динамічно активної зони факелу зрошення в основному залежать від двох параметрів: швидкості вильоту крапель рідини з форсунки і їх середньогармонічного діаметру. В активній зоні факелу діаметр крапель повинен обиратися таким чином, щоб довжина факела складала половину приведенного діаметру виробки. Це забезпечить “прочісування” краплями всього об’єму активної зони при створенні суцільної напівсфери одним факелом при куті розхилу 180° чи трьома факелами при куті розхилу $80^{\circ} - 90^{\circ}$ при мінімальних втратях рідини на стінках виробки.

5. В активній зоні дії факела ефективність пиловловлення визначається величиною і напрямом вектору швидкості крапель рідини. За межами активної зони – величиною швидкості падіння крапель у турбулентному режимі і електричними силами, основними з яких є напруженість полів пилового і диспергованого водного струменів.

6. В активній зоні за рахунок прочісування всього її обсягу можна знизити концентрацію пилу на 50-80%, а за межами активної зони факела за рахунок гравітаційних сил на 40-60% при діаметрі крапель рідини 200 мкм і діаметрі часток пилу 10-20 мкм. Причому, зі зменшенням діаметру часток імовірність пиловловлення збільшується. А за рахунок електростатичних сил концентрацію пилу можна зменшити на 80 – 90%. Так, якщо внесок кожної з сил буде складати 50%, то імовірність пиловловлення, як добуток імовірностей, складе 12,5%, і, отже, основна задача боротьби з пилом буде вирішена за умов відповідного вибору кількості форсунок і їх гідравлічних і геометричних параметрів.

7. Для досягнення максимальної ефективності гідрознепилення в активній зоні факелу доцільно використовувати грубодисперсну рідину, а за межами активної зони встановлювати додатково туманоутворюючу завісу за 5-10 м від першого факела.

8. Запропонована зручна для практичних розрахунків залежність ефективності гідрознепилення дозволяє враховувати параметри крапель, а також кількість розпилювальних форсунок і їх тип. Найбільший ефект гідрознепилення має місце при направленні факелів розпорошеної води за ходом вентиляційного потоку, і найменший ефект, коли факели спрямовані проти струменю повітря.

9. При факелах, спрямованих перпендикулярно струменю, емпіричні коефіцієнти, як множники перед концентрацією Z_0 у формулі (4.1), для розпилювачів типу РТ, РТУ і ФТ відповідно рівні 1,1; 1,3 і 1,5. Це дало можливість визначити сумарний коефіцієнт захоплення при дії гравітаційних і електростатичних сил під час роботи факелів перпендикулярно вентиляційного потоку.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

У виданнях, які входять в наукометричну базу «SCOPUS».

1. **М.С. Горобей**, Ю.Ф. Булгаков, И.А. Шайхлисламова, С.А. Алексеенко. Розробка математичної моделі аеродинамічної взаємодії розпиленої води з частинками вугільного пилу. УДК: 622.807 // Розробка родовищ: Зб. наук. пр. / Техн. науки. — 2015. — Т. 9. — С. 443-449.

У виданнях, які входять в іноземні фахові видання та наукометричні бази IndexCopernicus, CrossRef, Google Scholar, Science Library, Indexscientific, World Index, WorldCat, Ulrich's Periodicals Directory, ResearchBib та ін.

2. **M.Gorobei** Results of experimental investigations of the dust control. // Eurasia Waste Management Symposium. 28-30 april 2014. Cultural center Istanbul Turkey. YILDIZ Technical University. Waste management. Volume (1), 533 (1-5)

3. **M.Gorobei**, Bulgakov Y., Moroz O., The decision of a problem of harmful influence of mines rockforming for people and environment. Environment and Mineral Processing, - VŠB – Technical University of Ostrava / Ostrava, Czech Republic : Vysoká škola báňská - Technická univerzita / Technical science./ Part 1.– 2015 / ISBN 978-80-248-3753-6/ pp. 79-85.

4. **M.Gorobei** Carbon-containing dust: Environmental impacts and human health effects of pollution and measures for prevention/ Environmental Pollution and Climate Change/ March 2020/ Volume 04 / ISSN: 2573-458X, p.38-39.

5. **M.Gorobei** Environmental sustainability and pollution prevention: the negative impact of carbon-containing dust on the environment and humans and effective measures for its reducing/ International Journal of Advanced Research (IJAR)/ Technical science / Vol. 8, Issue 06 June 2020/ ISSN 2320-5407/, p.1489-1496.

У наукових фахових виданнях:

6. **М.С.Горобей**, Ю.Ф.Булгаков Теоретическое исследование процесса осаждения угольной пыли в гравитационных и электростатических полях" УДК 622.807. //ДонНТУ Вісті Донецького гірничого інституту / Всеукраїнський науково-технічний журнал гірничого профілю/ 2(34) 2014, С.210-215.

7. **М.С. Горобей**, Ю.Ф. Булгаков, В.К. Костенко, Д.А. Журбинський, Теоретичне обґрунтування електростатичного та гравітаційного впливу на вугільно-повітряні аеросуспензії для профілактики вибухів./УДК 622.817.45/ Збірник наукових праць ЛДУБЖД «Пожежна безпека» №26, 2015 - С.45-53.

8. **М.С.Горобей** Теоретичні дослідження динаміки пилових потоків у гірничих виробках і розробка фізичної моделі взаємодії диспергованої рідини з завислим у повітрі карбоновмісним / Геотехнічна механіка// Зб. наук. праць, №141, 2018, с 184-189.

9. **М.С.Горобей** Теоретичні дослідження процесу осадження карбоновмісного пилу в гравітаційних та електростатичних полях/ Геотехнічна механіка// Зб. наук. праць, №143, 2018, с 110-117.

10. **М.С.Горобей** Екологічні шкоди карбоновмісного пилу та зменшення його негативного впливу на довкілля як складова сталого розвитку гірничовидобувної галузі. /Екологічні науки //Науково-практичний журнал/ №30, 2020, с.98-103.

Тези доповідей

11. **M. Gorobei** Results of experimental investigations of the dust control. Young Scientists' Researchers and achievements in science //Матеріали Науково-технічної конференції для молодих вчених "Вчена молодь XXI-ого століття". 17 квітня 2014 р. Донецьк, ДонНТУ, 2014, С.19-24.

12. **М.С.Горобей**, Ю. Ф. Булгаков, Д. А. Журбинский, Т. В. Костенко. Теоретические исследования механизма взаимодействия распыленной жидкости с угольной пылью в активной зоне пламени. УДК 622.817.45 //Надзвичайні ситуації: безпека та захист/ Черкаський інститут пожежної безпеки імені героїв Чорнобиля/ 2015 р. – С.218-221.

13. **М.С.Горобей**, Зменшення техногенного забруднення довкілля карбоновмісним пилом. УДК 502 / Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції - Екологічна безпека як основа сталого розвитку суспільства. Європейський досвід і перспективи./Львів : ЛДУБЖД, 2018. с. 27.

14. **М.С.Горобей**, Бондар О.І. Проблемні питання негативного впливу карбоновмісного пилу на довкілля і людину та шляхи їх розв'язання. УДК 504.064.4 // XIII Міжнародній науково-технічній конференції «Проблеми екології та енергозбереження» 20-22 вересня 2019 р. м. Миколаїв, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова. - с.73-75

15. **М.С.Горобей**, Бондар О.І. Проблемні питання негативного впливу карбоновмісного пилу на атмосферне повітря і шляхи їх розв'язання/ Матеріали конференції XVII Міжнародної науково-технічної конференції "Проблеми екологічної безпеки", Кременчук, 02-04 жовтня 2019 р. [зб. наук. пр.] / Кременчуц. нац. ун-т ім. Михайла Остроградського, [Каф. екол. безпеки та орг. природокористування] ISBN 978-617-639-234-7, с. 181-185.

АННОТАЦІЯ

Горобей М.С. Зменшення негативного впливу на довкілля техногенного забруднення карбоновмісним пилом.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.01 – екологічна безпека. – Державна академія післядипломної освіти та управління, Київ, 2020. Спеціалізована вчена рада Д 26.880.01.

В роботі виконано аналіз та узагальнено результати світових та вітчизняних досліджень техногенного забруднення повітря карбоновмісним пилом та його негативного впливу на довкілля та людину. І також проаналізований сучасний стан способів і технічних засобів гідрознепилення та виявлені шляхи зменшення його негативного впливу на довкілля.

Досліджено причини й встановлено закономірності пилоутворення в гірничих виробках шахт під час різноманітних технологічних процесів. При цьому уточнено механізм осадження зваженого карбоновмісного пилу на ґрунт виробки внаслідок дії гравітаційних та електростатичних сил. Розроблено математичну модель динаміки взаємодії пилових і диспергованих водних потоків у гравітаційному та електростатичному полях при турбулентному, проміжному й ламінарному режимах руху повітря. Досліджено механіко-електростатичну взаємодію розпорошеної води з карбоновмісним пилом і розроблено фізичну

модель процесу. Обґрунтовано можливість і доцільність комплексного використання грубодиспергованої рідини та туманоутворюючих завіс.

Уточнено механізм захоплення зваженого карбоновмісного пилу краплями рідини у вентиляційному струмені. Розроблено математичну модель динаміки і взаємодії пилових потоків у гравітаційному і електростатичному полях. Установлено, що в активній зоні дії факела ефективність пиловловлення визначається величиною і напрямом вектору швидкості крапель рідини. За межами активної зони – величиною швидкості падіння крапель у турбулентному режимі і електричними силами, основними з яких є напруженість полів пилового і диспергованого водного струменів. Підсумкову ефективність пиловловлення запропоновано визначити як добуток імовірностей під час дії трьох незалежних одна від одної сил: динамічної, гравітаційної і електростатичної.

Показано, що в активній зоні можна знизити концентрацію пилу на 50-80%, а за межами активної зони факела за рахунок гравітаційних сил на 40 – 60% при діаметрі крапель рідини 200 мкм і діаметрі часток пилу 10-20 мкм. Крім того, за рахунок електростатичних сил концентрацію пилу можна зменшити на 80 – 90%.

Установлено, що в активній зоні факелу доцільно використовувати грубодисперсну рідину, а за межами активної зони встановлювати додатково туманоутворюючу завісу в 5-10 м від першого факела для досягнення максимальної ефективності гідрознепилювання.

Обґрунтовано параметри сучасних засобів гідрознепилення та розроблено рекомендації з гідрознепилення повітря в забоях та підготовчих виробках для створення умов більш екологічних технологій виробництва для зменшення шкоди довкіллю.

Створена унікальна експериментальна установка для визначення параметрів пилопригнічення за допомогою традиційних та нових засобів. Розроблено програму і методику лабораторних досліджень і шахтних випробувань та виконано метрологічне тестування експериментального обладнання. Проведено розрахунок і матрицю необхідної кількості експериментів з використанням сучасних методів математичного планування.

Проведені випробування на шахтах Донбасу підтвердили високу ефективність та доцільність використання запропонованих в роботі форсунок. Результати дослідження впроваджено на підприємствах підвищеної шкідливості за пиловим чинником.

Ключові слова: екологічна безпека, видобування вугілля, карбоновмісний пил, гідрознепилювання, диспергований водний струмінь, водяна завіса, математична модель.

SUMMARY

Gorobei M.S. Reduction of negative impact on the environment of man-made pollution by carbon dust.

Disertation for the degree of Candidate of Technical Sciences, speciality 21.06.01 “Environmental Safety”, State Ecological Academy of Postgraduate Education and Management, Kyiv, 2020. Specialized Academic Council D 26.880.01.

The paper analyzes and summarizes the results of global and domestic studies of man-made air pollution by carbon dust and its negative impact on the environment and humans. And also to analyze the current state of methods and technical means of hydrospray and identify ways to reduce its negative impact on the environment.

The causes and regularities of dust formation in mine workings during various technological processes are investigated. The mechanism of deposition of suspended carbon-containing dust on the production soil due to the action of gravitational and electrostatic forces is specified. A mathematical model of the dynamics of the interaction of dust and dispersed water flows in gravitational and electrostatic fields under turbulent, intermediate and laminar modes of air motion has been developed.

The mechanical-electrostatic interaction of sprayed water with carbon-containing dust has been studied and a physical model of the process has been developed. The possibility and expediency of complex use of coarsely dispersed liquid and fog-forming curtains are substantiated.

The mechanism of capture of suspended carbon-containing dust by liquid droplets in the ventilation stream has been specified. A mathematical model of the dynamics and interaction of dust flows in gravitational and electrostatic fields has been developed. It is established that in the active zone of the torch the efficiency of dust collection is determined by the magnitude and direction of the velocity vector of liquid droplets. Outside the core - the magnitude of the rate of incidence of droplets in turbulent mode and electric forces, the main of which is the field strength of dust and dispersed water jets. It is proposed to define the final efficiency of dust collection as the product of probabilities during the action of three independent forces: dynamic, gravitational and electrostatic.

It is shown that in the core the dust concentration can be reduced by 50-80%, and outside the core of the torch due to gravitational forces by 40-60% with a liquid droplet diameter of 200 μm and a dust particle diameter of 10-20 μm . In addition, due to electrostatic forces, the concentration of dust can be reduced by 80 - 90%.

It is established that in the core of the torch it is advisable to use a coarse liquid, and outside the core to install an additional fog-forming curtain 5-10 m from the first torch to achieve maximum efficiency of hydrospraying.

The parameters of modern means of hydrospraying are substantiated and recommendations on hydrospraying of air in faces and preparatory workings for creation of conditions of more ecological production technologies for reduction of damage to environment are developed.

A unique experimental setup has been created to determine the parameters of dust suppression using traditional and new tools. The program and a technique of laboratory researches and mine tests are developed and metrological testing of the experimental equipment is executed. The calculation and matrix of the required number of experiments using modern methods of mathematical planning.

Tests conducted in the mines of Donbass confirmed the high efficiency and feasibility of using the proposed injectors. The results of the study were implemented in enterprises of high harmfulness by the dust factor.

Key words: coal mining, ecological safety, carbon dust, hydro dedusting, dispersed water jet, water curtain, mathematical model.