

УДК 614.846

*Я.Б. Кирилів, канд. техн. наук*

## **ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ СПОСОБУ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ КАБЕЛЬНОЇ ПРОДУКЦІЇ В ЗАМКНЕНОМУ ПРОСТОРІ ПАРОГАЗОВИМИ СУМІШАМИ З НИЗЬКИМ ВМІСТОМ КИСНЮ**

В статті проаналізовано способи гасіння пожеж кабельної продукції у замкненому просторі різними методами. Показано, що ці методи не є досконалими, оскільки дослідники по всьому світу постійно їх покращують. Оцінено перспективу застосування способу гасіння пожеж кабельної продукції в замкненому просторі парогазовими сумішами з низьким вмістом кисню, як одного з найбільш придатних методів.

Проблемам пожежної безпеки протяжних об'єктів (каналів, тунелів, труб та ін.) електроенергетики завжди приділялася велика увага. На сьогоднішні пожежі, що на них виникають, залишаються одним із найбільш складних і небезпечних видів аварій, які знищують комунікації та дороге обладнання, наносять величезні матеріальні збитки енергетичним підприємствам, а деколи супроводжуються людськими жертвами.

Найчастіше пожежі на об'єктах електроенергетики виникають в кабельних тунелях. Незважаючи на застосування останнім часом кабелів нового типу з важкогорючою оболонкою, кількість пожеж не знижується [1].

Для пожеж в кабельних тунелях є характерним дуже швидкий їх розвиток. Температура в тунелі сягає значень 700–800°C всього за 10–12 хвилин. Особливості профілактики та гасіння таких пожеж пов'язані з важкодоступністю до огляду кабелю або із неможливістю виконання такої роботи. На підставі статистичних даних видно, що матеріальні втрати від пожеж в кабельних тунелях значно перевищують загальну кількість втрат від пожеж на інших об'єктах електроенергетики.

Способи та технічні засоби протипожежного захисту, що застосовуються на об'єктах електроенергетики, а це переважно засоби водяного та пінного пожежогасіння, недостатньо ефективні, насамперед, через значні прямі та побічні збитки і матеріальні втрати від застосування цих вогнегасних речовин [1].

Основними вимогами до сучасних засобів пожежогасіння в закритих і напівзакритих будівлях середнього і великого об'єму, а також підземних комунікаціях і спорудах, є мобільність, автономність і висока інтенсивність подавання вогнегасних речовин протягом необхідного часу. Цим вимогам найбільшою мірою відповідають способи і засоби отримання інертного середовища шляхом спалювання в спеціальних установках вуглеводневого палива з подальшим охолодженням продуктів згорання водою [2].

Крім того, газоводяні суміші з низьким вмістом кисню (менше 10%) можна застосовувати не тільки для гасіння пожеж, а й для флегматизування технологічних об'ємів з газовим горючим середовищем протягом необхідного часу.

Відомі установки газоводяного пожежогасіння типу АГВТ досить позитивно себе зарекомендували при гасінні газових фонтанів, але вони не придатні як генератори інертного середовища для замкнених технологічних об'ємів різного призначення, віддалених від установки більше ніж на 15–25 м.

На цей час в підрозділах МНС України відсутні мобільні високопродуктивні установки дистанційного гасіння пожежі в закритих та напівзакритих приміщеннях. Використання такої технології гасіння пожежі газоводяними сумішами стримувалося через відсутність визначення необхідних параметрів їх утворення та подачі, які забезпечували б ефективність припинення горіння. Дослідження процесів взаємодії високотемпературних газових струменів з розпиленою водою в камері охолодження та отримання інертного середовища,

транспортування газоводяних сумішей і вплив їх на процеси є актуальною науково-технічною задачею [2].

У роботі [1] підвищено ефективність гасіння пожеж в кабельних тунелях шляхом застосування технології рециркуляції летких продуктів згорання в замкнених об'ємах. Обґрунтовано параметри установки для отримання газоводяної суміші та дистанційного гасіння нею пожежі [2]. Запропоновано технологічну схему застосування установки АГВГ-100М та алгоритм розрахунку параметрів подачі парогазової суміші для дистанційного гасіння пожежі на об'єкті підвищеної небезпеки [3]. Досліджено тепломасообмінні процеси в ізольованому каналі із замкнутим контуром провітрювання, розглянуто динаміку газових і пінних потоків, їх вплив на осередок пожежі і комплексний вплив пожежі на нього продуктів згорання і отриманої на їх основі газомехамічної піни [4]. Крім того, розглянуто вплив на осередок горіння в протяжних каналах інертної піни, отриманої на основі продуктів горіння. Отримані результати моделювання динаміки температури в осередку горіння [5].

Основною метою роботи є аналіз тенденцій розвитку та вдосконалення способу гасіння пожеж кабельної продукції в замкненому просторі парогазовими сумішами з низьким вмістом кисню.

Розробка нових технологій гасіння пожеж в тунелях з кабелями та наукове обґрунтування і розроблення нових, більш ефективних ніж відомі є актуальним завданням. Зокрема перспектива застосування установок АГВТ та генераторів інертних газів для гасіння пожеж на таких об'єктах.

Протяжність кабельних тунелів, їх обмежені розміри, складна форма трас і розгалуженість, значна кількість кабелів практично виключають можливість ефективного гасіння пожеж в кабельних тунелях традиційними способами, застосування яких ще більше ускладнюється концентрованим виділенням тепла, густого диму та отруйних речовин. Наприклад, у 1975 році в головному кабельному каналі експериментальної установки прискорювача DESY Гамбургського університету (ФРН) виникла пожежа, в результаті якої було зруйновано кабельну мережу і обладнання, пошкоджено будівлю, а роботу на установці було припинено на тривалий час. Площа перетину головного кабельного каналу становила  $3 \times 2$  м, в його середині були розташовані один над одним 10 стелажів для кабелів електроживлення та управління. Прохід між стелажми та стінкою каналу становив лише 55-60 сантиметрів. Ізоляцію кабелів було виконано з поліетилену, поліхлорвінілу і гуми. Пожежу було зафіксовано в місці розташування клемної коробки кабелю постійного струму з напругою 500 В завдяки яскравому спалаху та чорному диму. Цілеспрямована ліквідація пожежі в її осередку була неможлива тому, що пожежні, оснащені захисними масками та освітлювальною апаратурою, не могли орієнтуватися в кабельному каналі, який було заповнено димом й парами води при високій концентрації соляної кислоти (близько 0,01 %). Заповнити канал піноутворюючими засобами або порошком перешкоджало сильне димовиділення та висока температура. В інтенсивній фазі пожежі, температура підвищилася до такого рівня, що бетонні перекриття каналу розтріскалися на глибину близько 12 см. Пожежу було ліквідовано аж через 7 годин після того, як в усі можливі отвори в перекриттях каналу були введені наконечники пожежних рукавів з водою, а усі роботи по гасінню було закінчено лише через 22 години з моменту виникнення пожежі.

Такий хід гасіння пожежі на вищезазначеному прикладі ясно ілюструє необхідність застосування секціонування кабельних тунелів з монтажем для кожної секції стаціонарних автоматичних установок пожежогасіння.

Відомо, що для електротехнічних установок та кабельних приміщень найбільш широко застосовуються такі засоби пожежогасіння, як вода та піноутворюючі речовини. Однак, застосування води у чистому вигляді має суттєві недоліки тому, що при згоранні поверхневої оболонки ізоляції кабелів інтенсивно виділяються різноманітні гази. Наприклад, при горінні полівінілхлориду виділяються сполуки хлору, які, вступаючи в хімічну реакцію з водою, що застосовується для гасіння, – утворюють корозійноактивні кислоти. Надмірна кислотна вода,

що стікає, також спричиняє додаткові матеріальні збитки навколишньому обладнанню та приміщенню, тому що соляна кислота руйнує залізобетонні конструкції.

Як правило, на сучасних об'єктах електроенергетики застосовують стаціонарні автоматичні установки пінного гасіння. При спрацюванні пожежних сповіщувачів, тип яких може бути різним, піна для гасіння розподіляється по системі трубопроводів, оснащених спринклерними голівками.

У британському журналі описано систему пожежогасіння для кабельних тунелів теплоелектростанції Didcot в графстві Оксфордшир. Установка пожежогасіння включає в себе прилади для попередження розповсюдження вогню та гасіння пожежі в кабельних тунелях протяжністю 15 км та в кабельних заглибленнях під підлогою центру управління. В тунелі встановлені лінійні пожежні сповіщувачі, які проходять на рівні підлоги в 125 мм над кабелями. В кожній зоні тунелю (довжиною до 50 м) розташовано 8–18 спринклерних голівок. Сама установка пожежогасіння включає в себе обладнання для подачі 3 %-го розчину піноутворювача AFFF. Через кожних 50 м в тунелі встановлено вогнетривкі перегородки та двері. Кабелі, що проходять крізь них, додатково ущільнені мінеральним волокном та штукатурним гіпсом [6].

У роботі [7] дослідами встановлено, що високократна піна здатна ефективно заповнювати кабельні тунелі та ліквідувати осередки горіння при заповненні піною стандартного кабельного тунелю, який розбито на секції довжиною 35–40 м. При цьому оптимальна продуктивність водострумєневого піногенератора повинна становити 75 м<sup>3</sup>/хв. Піноутворююча рідина поступає в генератор зі спеціальної ємності із заздалегідь підготовленим розчином або вона може утворюватися за допомогою пінозмішувача під час пуску піногенератора в дію.

У джерелі [8] запропоновано автоматичну систему пожежогасіння для підземних тунелів з електросиловими кабельними комунікаціями, особливість якої полягає у сумісному використанні фторвмісної піни та вогнегасного порошку на основі вуглецю натрію, які подаються у пневматичний спосіб до осередку виникнення пожежі через дві відповідні мережі спринклерних голівок.

З останніх розробок в Україні піногенераторів високократної піни для гасіння пожеж в кабельних приміщеннях, галереях, тунелях тощо, в журналі «Пожежна безпека» опубліковано статтю [9], в якій описано новий тип піногенераторів оснащених турбореактивним механізмом обертання крильчатки. Взірці такого типу генераторів були представлені на спеціалізованій виставці «Пожежна та техногенна безпека України – 2005 рік».

Повітряно-механічна піна порівняно з водою має меншу вогнегасну здатність оскільки при попаданні на осередок горіння вона розкладається і, звільнене таким шляхом повітря підтримує процес горіння. Слід зауважити, що піногенеруючі установки самі по собі без додаткових спонукаючих приладів не завжди здатні розповсюдити піну по усій довжині кабельного тунелю.

Гасіння пожеж в кабельних тунелях за допомогою інертних газів [6] могло б бути ефективне і раціональне, оскільки процес горіння без доступу кисню швидко припиняється.

Однак, інертні гази мають порівняно з водою і повітряно-механічною піною малу теплопоглинаючу здатність. Внаслідок цього під час припинення подачі інертного газу та відновлення нормального провітрювання в осередку нагрівання кабельного тунелю нерідко виникає рецидив процесу займання. Застосування інертних газів у стаціонарних установках пожежогасіння суттєво обмежене високою вартістю обслуговування спеціальних резервуарів для зберігання інертних газів та надійністю запірної арматури. Крім цього, деякі інертні гази, які використовувалися раніше, наприклад, ряд хладонів та фреонів заборонені до використання сучасними міжнародними конвенціями з екологічних міркувань.

Ті ж недоліки властиві пропонованим [6] аерозольним генераторам пожежогасіння, оскільки тонкодисперсні аерозолі по своїх вогнегасних властивостях і дії на осередок горіння схожі з інертними газами.

На сьогодні все ширше застосовується пасивний вогнезахист кабельних тунелів, на основі сучасних композитних ізоляційних матеріалів, що спучуються. Наприклад, розроблені протипожежні подушки, призначені для закладення і ущільнення універсальних кабельних проходок, створення вогнеперепонних поясів і розділення кабельних каналів на самостійні ділянки, захисту суміжних і прилеглих приміщень від розповсюдження вогню та диму і газів, що виділяються при горінні. Подушки протипожежні що спучуються є склотканинними чохлами, наповненими порошкоподібними матеріалами з температурами спучування і спікання від 150 до 900°C. Гарантійний термін зберігання таких подушок – 10 років.

В Україні [10] надано оцінку вогнестійкості кабельних ліній в системах безпеки атомних електростанцій. Аналіз отриманих результатів показав, що кабельні лінії мають тривалість функціонування в умовах пожежі від 13 до 19 хвилин, що істотно менше нормативних 90 хвилин. Забезпечення цього нормативного значення пропонується досягти шляхом застосування вогнезахисного облицювання гіпсовими плитами завтовшки 40 мм.

У роботі [11] зазначається, що висока пожежна небезпека кабельних виробів обумовлена, крім всього іншого, й відсутністю в діючих нормах чітких і достатньо ефективних протипожежних вимог. Наприклад, в Німеччині [12] при прокладці електричних кабелів, згідно з вимогами промислового стандарту DIN 4109-2, потрібне використання вогнезахисних заповнювачів.

Таким чином, сучасний рівень протипожежного захисту кабельних тунелів включає як традиційні способи гасіння з використанням води, піни і інертних газів, так і нетрадиційні засоби – аж до пропозицій використовувати вибухові речовини. Причому пасивний вогнезахист в комбінації з системами раннього виявлення пожежі може розглядатися як альтернативний варіант автоматичним системам пожежогасіння.

Різноманітність способів і технічних засобів профілактики і гасіння пожеж в кабельних тунелях як в Україні так і за кордоном, говорить про їх недостатню ефективність і постійний пошук нових рішень.

Автором роботи [13] запропоновано горіння полімерних матеріалів, використаних у конструкціях кабелів, розглядати з урахуванням перегрітої жили, яка також впливає на швидкість реакції горіння при розвитку пожежі. Це істотно може вплинути на нормативні показники подачі вогнегасних речовин.

У статті [14] приведена оцінка граничних характеристик пожежної небезпеки електрокабелів. На основі експериментального вивчення параметрів процесу розвитку пожеж і використання методів математичного моделювання процесу горіння отримані початкові параметри для прогнозування можливої обстановки під час пожеж в кабельних комунікаціях.

У статті «Дослідження чинників, що впливають на ефективність гасіння пожеж в кабельних тунелях» [15] авторами встановлено, що оптимальним місцем подачі піни в тунель є середній люк зверху, а найкращим – дверний отвір тунелю. Час охолодження нагрітого тунелю до безпечних температур становить 5–6 хвилин від його повного заповнення. Відмічено, що величина коефіцієнта руйнування піни не є постійною для цих умов гасіння, а змінюється залежно від кратності і витрати піни.

У дисертаційній роботі [16], захищеній у 2004 році, обґрунтовано інженерний розрахунок систем пожежогасіння високократною піною при її дистанційній подачі по кабельних спорудах. Встановлено універсальну залежність, що дозволяє розрахувати витратно-напірні характеристики піногенератора для систем пожежогасіння дистанційної подачі високократною піни по кабельних спорудах з різними конструктивно-планувальними характеристиками; запропоновані коефіцієнти механічного і теплового руйнування піни, дано оцінку її вогнегасної ефективності. Проте, експериментальними дослідженнями ці розрахунки не підтверджені, а враховуючи накопичений досвід застосування газомеханічної піни в гірничих виробках вугільних шахт [17], ці дослідження слід вважати не цілком коректними.

Проведений аналіз літературних джерел показує, що проблемам дослідження тепломасообмінних процесів при пожежах в закритих об'ємах приділяється певна увага.

Проте, ці роботи розглядають в основному поведінку повітряномеханічної піни при незначній довжині вентиляційних каналів і тунелів у 5–10 м або в обмежених системах, наприклад, «короб-кабель». Особливо слід зазначити, що процес рециркуляції диму і вплив такого інертного середовища на осередок горіння в кабельних тунелях не досліджений.

У результаті проведених патентно-інформаційних досліджень щодо виявлення об'єктів техніки для здійснення рециркуляції пожежних газів в ізольованій ділянці виявлено таке.

1. Для охолодження пожежних газів в установках для створення рециркуляції вентиляційного потоку в ізольованій ділянці передбачені спеціальні камери. Охолодження газів проводиться водою, що розпилюється (А. с. № 883508) [6].

2. Для підвищення надійності засобів гасіння пожеж в ізольованих ділянках, здійснюють зниження концентрації кисню шляхом подачі інертних газів в рециркулюючий потік, додаткового випалювання кисню в спеціальних камерах; а також шляхом здійснення рециркуляції вентиляційного потоку під надмірним тиском.

3. Для зниження інтенсивності горіння в рециркулюючий потік вводять вогнегасні присадки (Пат. США № 3463234, А. с. СРСР № 863883) [6].

4. При розробці способу гасіння пожежі, що передбачає створення в ізольованій ділянці рециркуляції вентиляційного потоку, останню доцільно вести при надмірному тиску в ізольованій ділянці (А. с. СРСР № 618564) [6].

Якщо ж в ізольованій ділянці відбувається рециркуляція, то охолодження нагрітих порід відбувається як завдяки теплопровідності, так і завдяки конвекції. При цьому, кількість тепла, що забирається рециркулюючим потоком, перевищує кількість тепла, що розсіюється через теплопровідність порід, від 2,3 до 59 разів [6].

Таким чином, рециркулюючий в ізольованій ділянці потік пожежних (димових) газів сприяє інтенсифікації процесів згасання пожежі і тепломасопереносу.

Галузь застосування методу рециркуляції – заглиблені ділянки вугільних шахт. В якості джерела тяги використовується в основному теплова депресія самої пожежі, оскільки в цьому випадку забезпечується мінімальне поступлення свіжого повітря до осередку. Для створення контуру замикають між собою вентиляційний і відкаточний штреки [18]. Для пришвидшення гасіння пожежі та охолодження порід до безпечного рівня необхідно намагатися, щоб швидкість руху газів в контурі рециркуляції була максимальною.

Аналізуючи способи ліквідації пожеж в шахтах В.П. Рудченко прийшов до ідеї створення високопродуктивного генератора інертних газів. Це підтверджує авторське свідоцтво СРСР № 231502. В рамках роботи «Дослідження можливості гасіння підземних пожеж парогазовими сумішами» проводились теоретичні дослідження процесів, які відбуваються при гасінні пожежі інертними газами, а також експериментальні дослідження в штольні полігону ЦНДЛ. На основі позитивних результатів досліджень був виготовлений експериментальний взірець генератора інертних газів ГГ-1. Отримали очікуваний результат: пожежа була погашена. Разом з тим виявили багато недоліків в конструкції генератора. Головний – це залежність від електроенергії, яка, згідно з вимогами правил безпеки робіт в шахті, на аварійній ділянці відключається. Згодом з'явилися генератори інертних газів ГГ-2, ГГ-3 та ГГ-4, в яких ці недоліки було усунуто. Генераторами ГГ-4 були забезпечені заgonи гірничорятувальних частин у Воркуті, Кузбасі, Донбасі, Караганді, Южно-Сахалінську, Партизанську. Один генератор був проданий гірничорятувальникам Чехословачії. Але продуктивності  $340 \text{ м}^3$  на хвилину інертного газу ГГ-4 було не достатньо для його застосування в гірничих виробках з великим дебитом свіжого струменя. Тому був виготовлений генератор з продуктивністю  $1500 \text{ м}^3$  на хвилину – ГГ-1500 [19].

Актуальність роботи полягає в підвищенні безпеки роботи гірничорятувальників під час локалізації пожеж і попередження вибухів в шахтах. Важливим також є попередження руйнування гірничих виробок у випадку вибуху і значне скорочення часу ліквідації аварій.

Про світове визнання нової технології говорить той факт, що генератори інертних газів стали виготовляти і застосовувати в Польщі та Голландії за запропонованим у нас в Україні принципом.

Генератори інертних газів призначені для продукування інертного газу з метою пожежогасіння в будь-яких замкнутих приміщеннях (шахти, склади, тунелі, житлові приміщення, телевежі і т.ін.).

При встановленні низької ефективності гасіння пожеж продуктами згорання в протяжних об'єктах, коли об'єм зони з високою концентрацією кисню, більший від об'єму зони горіння, необхідна комплексна дія на вогнище не лише продуктами згорання, а й інертними газами і піною [4].

Висновки:

1. Аналіз способів і технічних засобів гасіння розвинених пожеж та флегматизування технологічних об'єктів з наявністю горючого середовища на об'єктах підвищеної небезпеки показує, що значна частина таких пожеж могла бути ліквідована при застосуванні мобільних, автономних установок газоводяного пожежогасіння, які забезпечують безпечні та ефективні умови ведення аварійно-рятувальних робіт. Для цього необхідне отримання газоводяних сумішей з концентрацією кисню менше 10 % [2].

2. подача інертного газу за допомогою генератора в потік рециркуляції для компенсації витоків летких продуктів згорання призводить до перерозподілу витрати газів в аварійному відсіку кабельного тунелю і впливає на величину витоків пожежних газів і притоків атмосферного повітря. Ступінь дії цього чинника на вказані процеси залежить від місця і інтенсивності подачі інертного газу [1].

3. Перспективним напрямком забезпечення ефективного протипожежного захисту кабельної продукції в замкнутому просторі є поєднання генератора інертних газів з газоводяною сумішшю та рециркуляцією продуктів горіння. Таке поєднання мало б підвищити ефективність пожежогасіння в кабельних тунелях.

Перспективою подальших досліджень є встановлення ефективності пожежогасіння кабельних тунелів при поєднанні генератора інертних газів з газоводяною сумішшю та рециркуляцією продуктів горіння.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Дмитровський С.Ю. Обґрунтування параметрів гасіння пожеж в кабельному тунелі шляхом рециркуляції продуктів горіння: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Львів: ЛДУБЖД МНС України, 2008. – 16 с.
2. Лозинський Р.Я. Обґрунтування параметрів установки для дистанційного гасіння пожеж газоводяною сумішшю: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Львів: ЛПБ МНС України, 2005. – 20 с.
3. Ковалишин В.В., Лозинський Р.Я., Кирилів Я.Б. Тактико-технічні дії пожежно-рятувальних підрозділів при дистанційному гасінні пожежі парогазовою сумішшю // Пожежна безпека. – 2009. – № 14. – С. 7–12.
4. Ковалишин В.В., Кирилів Я.Б., Бойко Т.В. Динаміка газово-пінних потоків в замкнутому об'ємі каналу під час гасіння пожежі // Пожежна безпека. – 2009. – № 15. – С. 16–24.
5. Ковалишин В.В., Бойко Т.В., Зинченко І.Н., Мамаєв В.В. Моделирование воздействия на очаг пожара пены, полученной на основе продуктов горения // Пожарная безопасность. – 2009. – № 4. – С. 67–71.
6. Дмитровський Сергій Юрійович. Обґрунтування параметрів гасіння пожеж в кабельному тунелі шляхом рециркуляції продуктів горіння.: Дис. ... канд. техн. наук: 21.06.02. – 2008.
7. Разработка автоматической установки высокочастотной пены для тушения пожаров в кабельных тоннелях электростанций и подстанций // Сборник аннотаций работ, выполненных пожарно-испытательными станциями в 1965 г. – М.: ЦНИИПО, 1967.

8. Автоматическая система пожаротушения для подземных кабелей = Сёва дэнсэн дэнран рэбю, Showa Wire and Cable Rev, 1978. 28, № 2, 159.
9. Підгайний А., Підгайний В. Проблеми пінного пожежогасіння та шляхи їх розв'язання // Пожежна безпека. – 2005. – № 7. – С. 39–42.
10. Новак С.В., Харченко І.О., Коваленко В.В., Довбиш А.В., Спіридончев М.О. Дослідження вогнестійкості кабельних ліній // Науковий вісник УкрНДПБ: Журнал. – К., 2005. – № 1. – С. 52–57.
11. Смелков Г.И., Пехотиков В.А., Рябиков А.И. Пожарная безопасность кабельных изделий: проблемы нормирования // Пожарная безопасность. – 2005. – № 4. – С. 6–105.
12. Огнезащитный заполнитель для прокладки электрических кабелей. Brandschutzschaum für Kabelab schottungen. Sanit. – und Heizungstechn. 2005. 70, № 8, 17 с.
13. Белоусов Л.И., Былинкин В.А., Ланин Д.Г., Первых А.В., Поляков Д.В., Цариченко С.Г. Системы пожаротушения в кабельных сооружениях // Пожарная безопасность многофункциональных и высотных зданий и сооружений: XIX Научн.-практ. конф., Москва, 2005. Ч. 2. – М.: Изд-во ВНИИПО, 2005. – С. 26–27.
14. Иванников В.Л., Журавлев Ю.Г., Богданович А.П. Прогнозирование обстановки при пожарах в кабельных тоннелях // Тактика и процессы пожаротушения. – М.: ВНИИПО, 1989. – С. 77–83.
15. Бадер Ю.А., Журавлев Ю.Г. Исследование факторов, влияющих на эффективность тушения пожаров в кабельных туннелях // Пожарная техника и тактика тушения пожаров. – М., 1984. – С. 65–71.
16. Дебров С.В. Дистанционная подача высокократной пены по кабельным сооружениям при тушении пожаров: Дис. ... канд. техн. наук: 05.26.03. – Москва, 2004. – 200 с.
17. Игишев В.Г. Опыт применения водовоздушной пены для предупреждения и тушения эндогенных пожаров // Уголь. – 1976. – № 8. – С. 59–62.
18. Молчадский И.С., Гомозов А.В., Артюнов С.Н., Степанова Т.Н. Тушение пожаров в кабельных шахтах // Автоматические установки пожаротушения. – М., 1985. – С. 41–46.
19. История создания ГИГов: Информация-новости // Горноспасатель [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://gvgss.org/index.php?newsid=162>.

