

*Д.В. Руденко, А.М. Домінік**Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕПЛООВОГО ПОТОКУ НА БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНИЙ РОБОТИЗОВАНИЙ МОДУЛЬ ПІД ЧАС ГАСІННЯ ГІРНИЧИХ ВИРОБОК ШАХТИ

Проблема. Вугілля використовують як технологічну сировину у чорній металургії та хімічній промисловості для виробництва мінеральних добрив і пластмас, а також вугілля використовують як енергетичну сировину для виробництва електроенергії на теплових електростанціях, для опалення житлових та громадських будівель. Незадовільний стан вугільної галузі зумовлено взаємодією протягом досить тривалого часу цілої низки чинників, які за своєю природою мають як об'єктивний, так і суб'єктивний характер.

Мета. Для входження в ринкову економіку галузь потребує реструктуризації, основними цілями якої є формування конкурентоспроможних вугільних підприємств, послідовне зниження державної підтримки підприємств галузі, застосування менш енергоємного видобувного обладнання, підвищення безпеки праці під час роботи у шахтах, забезпечення безаварійної роботи, а також соціальна захищеність працівників галузі.

Методи дослідження. Емпіричного та теоретичного методів.

Основні результати дослідження. Під час виникнення пожежі в місцях гірничих виробок шахти з подальшим можливим руйнуванням елементів несучих конструкцій видобувної шахти, як вже зазначалось раніше, в багатьох випадках необхідно проводити гасіння та аварійно-рятувальні роботи. Наявність продуктів горіння значно ускладнює проведення зазначених заходів. Продукти горіння характеризуються високою температурою (більше 1000 °С), що призводить до виходу з ладу електронного (система керування) та електричного обладнання (акумуляторні батареї, електродвигуни) роботизованого модуля.

Досліджений тепловий потік також негативно впливає на роботу роботизованого модуля. Згідно із технічними інструкціями акумуляторні батареї можуть працювати тільки при температурі нижчій за 72 °С. Щоб захистити акумуляторні батареї від теплового потоку їх поміщають у захисний кожух. Проте захисний кожух з часом сам нагрівається і починає нагрівати внутрішній простір роботизованого модуля, що підвищує температуру акумуляторної батареї. Для забезпечення нормальних умов роботи необхідно додатково під металевим кожухом багатофункціонального модуля встановити додатковий ізоляційний шар, а зовні він повинен омиватися водним розчином.

Висновки та конкретні пропозиції автора. На підставі проведених розрахунків запропонованих умов горіння факела та експериментальними дослідженнями, було встановлено, що час безперервної роботи роботизованого модуля становить 50 хв, проте у разі гасіння в місцях гірничих виробок шахти маневреність обмежена і тому цей час збільшується. З іншої сторони тепловий потік не повинен нагрівати модуль протягом зазначеного часу до критичної температури, що досягається системою охолодження поверхні.

Ключові слова: аварії на шахтах, гасіння пожеж в гірничих виробках шахти, випромінювання факела

Вступ. Вугільна промисловість, яка є однією з базових галузей національної економіки, на сьогодні перебуває в кризовому стані. Незважаючи на антикризові заходи і значну підтримку галузі з боку держави, динаміка основних показників стану державного сектора вугільної промисловості показує, що криза в галузі тільки посилюється. Майже 96% шахт понад 20 років працюють без реконструкції. Через повільну реструктуризацію галузі значна кількість дрібних та середніх шахт стали збитковими та неперспективними. Значних масштабів набув знос активної

частини промислово-виробничих фондів галузі. Із семи тисяч одиниць основного стаціонарного устаткування дві третини цілком відпрацювали свій нормативний термін експлуатації і потребують негайної заміни [1].

Отож, актуальність цієї статті обумовлена необхідністю гарантування безпечних умов праці шахтарів, у випадку виникнення загорянь в гірничих виробках ліквідації загорання з як найменшими втратами для працівників та технологічного обладнання.

Аналіз досліджень та публікацій. Основними проблемними питаннями розвитку державного сектора вугільної промисловості є [1]:

- хронічний дефіцит чи повна відсутність власних коштів на відтворення виробництва;
- низькі ціни на вітчизняне вугілля, які майже на третину нижчі за ціни на імпортовану сировину;
- згорання програм розвитку гірничих робіт;
- фінансова незбалансованість майже всіх державних підприємств галузі через відсутність державної підтримки на часткове покриття витрат із собівартості готової товарної продукції;
- невідповідність внутрішнього попиту на українське вугілля потенційним можливостям його видобутку та потребі оптимізації паливно-енергетичного балансу держави;
- невідповідність стану гірничого господарства шахт та технічного рівня виробництва складності гірничо-геологічних умов і сучасним досягненням науково-технічного прогресу;
- відставання з розвідкою та підготовкою запасів вугілля;
- невідповідність обсягів капітальних інвестицій потребі забезпечення розширеного відтворення вуглеводобутку на інноваційній основі;
- невідповідність рівня науково-технічного забезпечення потребі інтенсивного розвитку вуглеводобувних підприємств;
- відсутність прискорення розвитку вугільної промисловості через брак певних нормативно-правових механізмів і важелів державного управління тощо.

Незадовільний стан вугільної галузі зумовлено взаємодією протягом досить тривалого часу цілої низки чинників, які за своєю природою мають як об'єктивний, так і суб'єктивний характер. До об'єктивних належать [1]:

- складність гірничо-геологічних умов видобутку вугілля;
- значний рівень фізичного та морального зносу основних фондів;
- невідповідність цін на вугільну продукцію собівартості її видобутку;
- низький технічний рівень вугледобувних і вуглепереробних підприємств;
- загальне зменшення попиту на українське вугілля через зменшення його питомої ваги у паливному балансі держави;
- відсутність оновленого прогнозу динаміки попиту на вугілля і прогнозного паливно-енергетичного балансу держави;
- відсутність альтернативних робочих місць у вугільних регіонах;

- втрата кадрового потенціалу вугільної галузі і невідповідність рівня професійної підготовки працівників потребам інноваційного розвитку вугледобувного виробництва.

Суб'єктивні чинники пов'язані з постійними структурними перетвореннями в галузі, які не завжди є достатньо обґрунтованими; низьким рівнем менеджменту підприємств вугільної промисловості; недостатньо ефективним використанням державної підтримки вугледобувними підприємствами; відсутністю реальних, забезпечених необхідним фінансуванням програм розвитку і реструктуризації галузі та необхідного законодавчого забезпечення її функціонування. Крім того, існує ще низка негативних чинників, які суттєво впливають на розвиток галузі.

До гірничих підприємств України відповідно до Гірничого закону України належать об'єкти для видобутку корисних копалин, які будуються і експлуатуються із застосуванням гірничих технологій (шахти, рудники, копальні, кар'єри, розрізи, збагачувальні фабрики тощо). Стан безпеки на шахтах і підземних гірничих виробках не є задовільним. Проведений аналіз цих підприємств свідчить, що найбільшу небезпеку для навколишнього середовища становлять вугледобувні підприємства та гірничі підприємства з видобування солей підземним способом. Вугільна промисловість України є найбільш складною галуззю, де виробництво та охорона праці залежать від гірничо-геологічних умов залягання пластів, стану шахтного фонду і гірничого устаткування, забезпечення підприємств засобами захисту працюючих, наявності кваліфікованих кадрів та від рівня організації виробництва і дисципліни праці [2].

Варто зазначити [3], що за інформацією незалежного експертного Центру рятувальників у США, в незалежній Україні відбулося близько тисячі підземних пожеж та понад 60 вибухів, а загинуло близько чотирьох тисяч гірників. За даними Держнаглядохоронпраці, видобуток вугілля на шахтах проводиться за вкрай важких гірничо-геологічних і температурних умов, за яких не працюють в жодній країні світу. Середня глибина розробки вугілля вже досягла 900 м. Тим часом, за останні 25 років реконструйовано лише вісім шахт. Загалом в Україні налічується близько 150 шахт, з яких 75% належать до 1-ї категорії з підвищеною небезпекою вибуху метану і 35% – до небезпечних за вибухами вугільного пилу.

Отже, проаналізуємо виникнення аварій на шахтах зокрема в Україні та світі, їх причини та кількість загиблих, які наведені в таблицях 1 та 2 [5, 6, 7].

Таблиця 1

Статистика виникнення аварій з загиблими на шахтах України

Дата	Шахта	Місто/Область	Тип аварії	Кількість загиблих
29.06.1991	Шахта "Південнодонбаська" №1,	м. Вугледар, Донецька область	Горіння конвеєрної стрічки	32
09.06.1992	Шахта "Суходільська-Східна"	м. Суходільськ, Луганська область	Вибух вугільного пилу	63
21.08.1992	Шахта імені О.О. Скочинського	м.Донецьк	Вибух метану	17
6.11.1992	Шахта «Кондратіївка»	м.Горлівка, Донецька область	Вибух метану	9
24.09.1993	Шахта «Золоте»	м.Золоте, Луганська область	Вибух метану	7
06.03.1994	Шахта "Світанок"	м.Кіровське, Донецька область	Вибух метану	16
3.09.1994	Шахта "Слов'яносербська"	с. Зимогір'я, Луганська область	Вибух метану та вугільного пилу	30
15.05.1996	Шахта імені Засядька	м.Донецьк	Вибух метану	7
7.02.1997	Шахта імені Карла Маркса	м. Єнакієве, Донецька область	Обвал льоду в стволі	5
04.04.1998	Шахта імені О.О. Скочинського	м.Донецьк	Вибух метану та обвал породи	63
11.05.1998	Шахта "Петровська"	м. Донецьк	Вибух метану та пилу	6
16.08.1998	Шахта імені XIX з'їзду КПРС	с. Біле, Луганська область	Вибух метану	24
02.01.1999	Шахта імені Кірова	Кіровськ, Луганська область	Вибух метану та пилу	6
26.04.1999	Шахта імені Карла Маркса	м. Єнакієве, Донецька область	Раптовий викид вугілля і газу	7
24.05.1999	Шахта імені Засядька	м.Донецьк	Вибух метану	50
30.01.2000	Шахта імені О.О. Скочинського	м.Донецьк	Вибух метану	5
11.03.2000	Шахта імені Баракова	м. Суходільськ, Луганська область	Вибух пилоповітряної суміші	80
21.01.2001	Шахта "Краснолиманська"	м. Родинське, Донецька область	Викид метану з подальшим вибухом	9
5.05.2001	Шахта імені С.М. Кірова	м. Макіївка, Донецька область	Вибух метану	10
19.08.2001	Шахта імені Засядька	м.Донецьк	Вибух метану	55
28.11.2001	Шахта імені О.О. Скочинського	м.Донецьк	Вибух метану	6
14.02.2002	Шахта "Красноармійська- Західна № 1"	Красноармійськ, Донецька область	Вибух метану	5
7.07.2002	Шахта "Україна"	Українськ, Донецька область	Пожежа	35
21.07.2002	Шахта "Ювілейна"	Першотравенськ Днепропетровская область	Вибух метану	6
31.07.2002	Шахта імені Засядька	м.Донецьк	Вибух метану	20
20.07.2004	Шахта "Краснолиманська"	м. Родинське, Донецька область	Вибух газу і пожежа	37
13.08.2006	Шахта "Суходільська- Східна"	м. Суходільськ, Луганська область	Вибух метану	6
20.09.2006	Шахта імені Засядька	м.Донецьк	Вибух метану	13
09.05.2007	Шахта "Краснолиманська"	м. Родинське, Донецька область	Викид метану з подальшим горінням	5

Продовження таблиці 1

Статистика виникнення аварій з загиблими на шахтах України

Дата	Шахта	Місто/Область	Тип аварії	Кількість загиблих
18.11.2007 01.12.2007 02.12.2007	Шахта імені Засядька	м.Донецьк	Вибух метану	106
23.05.2008	Шахта "Краснолиманська"	м. Родинське, Донецька область	Вибух метану	11
08.06.2008	Шахта імені Карла Маркса	смт. Карло-Марксове, Донецька область	Вибух метану і обрив кліті	13
04.05.2009	Шахта "Новодзержинська"	м.Дзержинськ, Донецька область	Обвал породи	6
08.06.2009	Шахта імені О.О. Скочинського	м.Донецьк	Раптовий викид вугілля і газу	13
23.08.2009	Шахта імені С.М. Кірова	м. Макіївка, Донецька область	Вибух метану	8
29.07.2011	Шахта "Суходільська-Східна"	м. Суходільськ, Луганська область	Вибух метану та вугільного пилу	28
29.07.2011	Шахта імені В. М. Бажанова	м. Макіївка, Донецька область	Обвалення копра	11
06.02.2012	Шахта "Північна"	м.Дзержинськ, Донецька область	Вибух метану	7
17.02.2014	Шахта "Північна"	м. Макіївка, Донецька область	Вибух метану	7
12.06.2014	Шахта ТОВ «Гранд-Інвест Плюс»	м.Кіровське, Донецька область	Вибух метану	9
04.03.2015	Шахта імені Засядька	м.Донецьк	Вибух метану	34
02.03.2017	Шахта "Степова"	м. Сокаль, Львівська область	Вибух метану	10

Таблиця 2

Статистика виникнення аварій з найбільшою кількістю загиблих на шахтах у світі

Дата	Шахта	Країна	Тип аварії	Кількість загиблих
12.02.1931	Шахта "Фушунь"	Маньчжурія, Китай	Аварія через спалах в проводці ліфта	3000
26.04.1942	Шахта "Беньсіху"	Китай	Вибух метану та вугільного пилу	1549
10.03.1906	Шахта "Кур'єрс"	Франція	Вибух метану	1099
09.11.1963	Шахта в м.Омута	Японія	Спалах вугільного пилу	447
14.10.1913	Шахта в м.Сенгенід	Великобританія	Вибух метану	439
21.01.1960	Шахта «Коулбрук» поблизу м. Йоханесбург	ПАР	Вибух метану	437
06.06.1972	Шахта в Родезії (на теперішній час Зімбабве)	Зімбабве	Вибух метану	427
28.05.1965	Шахта Біхар	Індія	Вибух метану	375
27.12.1975	Шахта «Часнала»	Індія	Вибух метану з подальшим затопленням шахти	373
06.12.1907	Шахта в м. Мононга	США	Вибух метану	362

Як видно з таблиць 1 та 2, вибух метану – одна з головних причин аварій на шахтах, а кількість загиблих незалежно від причин аварії може сягати тисячі людей. Згідно з технологічним процесом, на підприємствах обов'язково повинна здійснюватися завчасна комплексна дегазація свердловин, але в Україні такі заходи поки що впроваджуються лише на деяких шахтах.

Виклад основного матеріалу. Досить часто до аварій на шахтах призводить елементарна недбалість під час проведення технічного огляду технологічних установок та механізмів. Люди звикають працювати в небезпечних умовах і на дрібні порушення не звертають уваги.

Безпека на шахтах України, офіційно визнана незадовільною, найбільші фактори ризику – видобуток вугілля на небезпечній глибині, що сягає понад 1000 метрів, висока загазованість пластів, крім того – недостатня кваліфікація шахтарів та 70 відсотків обладнання морально і технічно застаріле.

Організацію роботи у сфері охорони праці та промислової безпеки з 2002 року здійснюють відповідно до заходів підвищення рівня охорони праці та промислової безпеки, які є складовою частиною Програми підвищення безпеки праці на вугледобувних і шахтобудівних підприємствах з наступною реалізацією за кошти з Державного бюджету, а також засобів від реалізації вугільної продукції.

Напрямами виконання Програми є [4]:

- удосконалення системи управління охороною та безпекою праці;
- безпека технологічних процесів;
- удосконалення системи вентиляції та дегазації вугільних шахт, запобігання вибуху газу та пилу;
- запобігання виникненню газодинамічних явищ;
- безпечна робота машин, обладнання і технологічних комплексів;
- посилення протипожежного захисту вугільних шахт;
- впровадження засобів протиаварійного захисту, створення систем комплексної безпеки та диспетчеризації шахт, наукового та технічного забезпечення виконання профілактичних та аварійно-рятувальних робіт;
- поліпшення умов праці та стану здоров'я шахтарів.

Питаннями пожежної безпеки та протипожежного захисту вугільних шахт займалися такі науковці, як Костенко В. К. (Геомеханічні і аерологічні основи запобігання пожеж від самозаймання вугілля в шахтах), Зав'ялова О. Л. (Обґрунтування способів профілактики самозаймання вугілля в зонах геологічних порушень, що розкриті підгото-

вчими виробками), Яценко І. О. (Підвищення ефективності функціонування систем протиаварійного захисту вугільних шахт в умовах виникнення екзогенних пожеж), Булгаков Ю. Ф. (Розробка способів і засобів порошкового і пінного гасіння складних підземних пожеж), Кукоба Л. І. (Розробка способу скорочення надходження повітря в ізольовані пожежні ділянки при безціликовій виїмці вугілля і порушених бічних породах), Смолянов С. М. (Управління вентиляцією при ліквідації аварій в магістральних виробках вугільних шахт).

Однак відсутні розробки стосовно виконання одночасних завдань з гасіння пожеж у будь-якому місці гірничих виробок шахти та проведення аварійно-рятувальних робіт під час виникнення обрушення породи в шахті. Враховуючи, що після виникнення аварії на шахті, як правило, блокуються виходи на зовні, і тому виконання аварійно-рятувальних робіт та гасіння пожежі в перші хвилини стає неможливим. Таким чином, є необхідність у розробці багатофункціонального роботизованого модуля, який може бути застосований для гасіння пожеж в гірничих виробках шахти; проведення розвідки вибухонебезпечної зони в шахті; виявлення потерпілих в непридатному для дихання середовищі, виконання розгороджувальних та вантажопідйомних робіт за допомогою робочого устаткування (відвал, маніпулятор).

Багатофункціональний роботизований модуль складається з базового гусеничного шасі, поворотної платформи для розміщення установки комбінованого гасіння пожеж типу «ПУРГА» та робочого устаткування для виконання розгороджувальних робіт (відвал, маніпулятор).

В якості базового шасі використовується гусенична самохідна машина, яка приводиться в дію за допомогою електродвигунів від бортових тягових акумуляторних батарей. Як варіант виконання може бути використано дизельний двигун внутрішнього згорання. Залежно від умов застосування залучаються різні типи джерела енергії для рушія.

Поворотна платформа має обертатись на 360° навколо своєї осі. На платформу встановлено установку комбінованого гасіння пожеж типу «ПУРГА», до якої приєднується напірний пожежний рукав діаметром 77 мм від водопровідної мережі. Зміна напрямку руху багатофункціонального роботизованого модуля та зміни положення ствола по горизонталі здійснюється через пульт дистанційного керування по радіоканалу з відстані до 1500 м. Враховуючи особливості застосування за призначенням, багатофункціональний роботизований модуль має комплектуватися:

- установкою комбінованого гасіння пожеж типу «ПУРГА»;

- резервуарами з вогнегасними засобами (вода – 2000 л, піноутворювач – 600 л);
- відцентровим насосом для подачі вогнегасних засобів (продуктивність не менше 30 л/с);
- відвалом для переміщення вантажів вагою до 10000 кг та маніпулятором для підйому вантажів вагою не менше 2000 кг;
- системою відеоспостереження (камери високої роздільної здатності) адаптивною до умов з недостатньою видимістю та водонепроникною. Одна камера повинна бути тепловізійною. Передача відеосигналу має здійснюватися по радіоканалу.

Під час виникнення пожежі в місцях гірничих виробок шахти та подальшим можливим руйнуванням елементів несучих конструкцій видобувної шахти, як вже зазначалось раніше, в багатьох випадках необхідно проводити гасіння та аварійно-рятувальні роботи. Наявність продуктів горіння значно ускладнює проведення зазначених заходів. Продукти горіння характеризуються значною високою температурою (понад 1000 °С), що призводить до виходу з ладу електронного (система керування) та електричного обладнання (акумуляторні батареї, електродвигуни) роботизованого модуля.

Структура факела полум'я залежить від фізичного стану в якому перебуває горючий матеріал (твердий, рідкий, газовий), що спалюється, і умов спалювання (наявності надлишку повітря) табл. 4 [9].

Таблиця 3

Теоретична температура горіння палива [8]

Пальний матеріал	Температура полум'я, °С
Торф, мазут	1000
Деревина, буре вугілля, сира нафта, дизельне паливо, тракторний гас	1100-1150
Кам'яне вугілля, каучук та вироби із нього, бензин	1200-1250
Антрацит, сірка	1300
Горючі гази	1500

Таблиця 4

Теоретична температура горіння палива залежно від надлишку повітря [8]

Паливо	T_a , К, при коефіцієнті надлишку повітря α			
	$\alpha = 1$	$\alpha = 1.3$	$\alpha = 1.5$	$\alpha = 2$
Антрацит	2450	2115	1925	1570
Донецьке вугілля	2535	2135	1915	1555
Мазут	2395	2010	1850	1535
Природний газ	2300	1940	1760	1460
Дрова із вологістю 30 %	2125	1845	1705	1435
Торф	1970	1780	1640	1380

Горіння газу супроводжується світним і не світним полум'ям. У першому випадку в складі є трьохатомні продукти згоряння (CO_2 , H_2O та ін.) і розпечені частки сажі, наявність яких викликає світіння полум'я. При не світному полум'ї факел містить суміш трьохатомних продуктів згоряння, азоту та кисню (при коефіцієнті надлишку повітря більше 1). Випромінювальна здатність полум'я залежить від концентрацій CO_2 та H_2O .

Таблиця 5

Типові значення ступеня чорноти полум'я [8]

Вид полум'я	Ступінь чорноти
Не світне полум'я газового фонтана	0,3
Не світне полум'я газу та полум'я антрациту при шаровому спалюванні	0,4
Світне полум'я антрацитового пилу	0,45
Світне полум'я пісного вугілля	0,6
Світне полум'я мазуту	0,85
Світне полум'я бензину	0,96 - 0,99
Полум'я кам'яного вугілля, бурого вугілля, деревини та торфу	0,7

За фізичною природою випромінювання факела ближче до випромінювання твердих тіл, ніж до випромінювання газів. Однак розрахунки потоків тепла від факела мають наближений характер через складність визначення ступеня чорноти факела та його температури. У факелі температура продуктів згоряння за товщиною, і, головним чином, за висотою неоднакова. Через це в розрахунках користуються середніми температурами полум'я табл. 4.

Інтенсивність і величина нагрівання навколишніх предметів, пожежної техніки, будівель і споруд залежить від величини теплового потоку, обумовленого пожежею. При дослідженні теплообміну випромінювання між факелом і будівельними конструкціями та пожежною технікою необхідно визначити долю енергії випромінювання факела, яка поглинається конструкціями та об'єктами. Якщо факел рухається вверх паралельно до рухомого багатофункціонального роботизованого модуля, то цей потік визначається за формулою [8-12].

$$q = \varepsilon_{\text{ж}} \cdot 5.67 \left[\left(\frac{T_2}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_1}{100} \right)^4 \right] \cdot \phi_{2-1}, \quad (1)$$

де $\varepsilon_{\text{ж}} = \left(\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1 \right)^{-1}$ – зведений ступінь чорноти системи полум'я – конструкція (об'єкт); ε_1 – ступінь чорноти поверхні конструкції (об'єкта); ε_2 – ступінь чорноти факела; ϕ_{2-1} – частина

повної енергії випромінювання факела, яка поглинається поверхнею конструкції (об'єкта) (кутовий коефіцієнт випромінювання); T_1 – температура поверхні конструкції (об'єкта), K ; T_2 – температура факела, K (рис. 1).

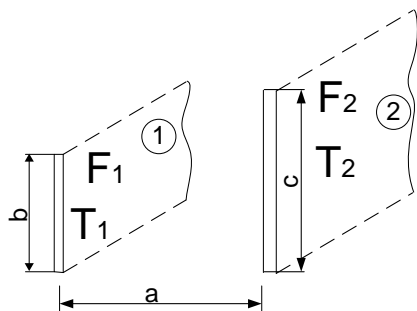


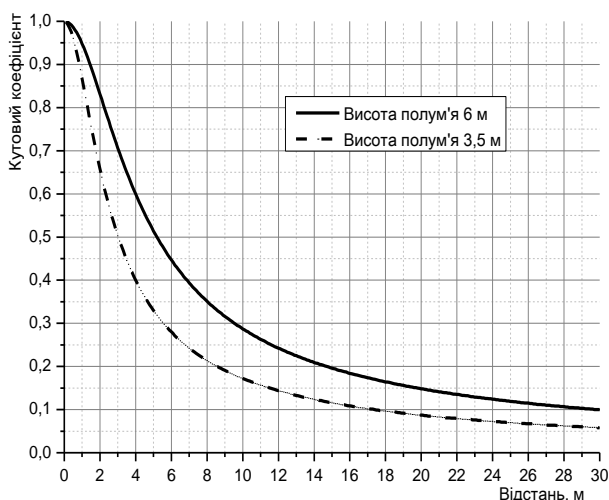
Рисунок 1 – Схема взаємного розміщення пересувного модуля “1” і факела “2”.

Якщо висота факела c , висота пожежного модуля b , а віддалі між ними a , то кутовий коефіцієнт випромінювання визначаємо за формулою [3]:

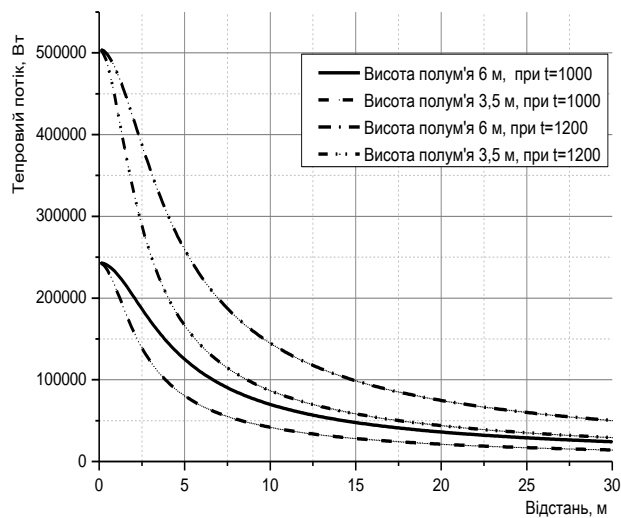
$$\phi_{2-1} = \frac{1}{2 \cdot \frac{c}{a}} \left(\sqrt{\left(\frac{b+c}{a}\right)^2 + 4} - \sqrt{\left(\frac{b-c}{a}\right)^2 + 4} \right) \quad (2)$$

За формулою (1) проведені розрахунки величини теплового потоку, що падає на поверхню захисного кожуха багатофункціонального роботизованого модуля залежно від віддалі a та величини температури T_1 і T_2 . Розрахунки проведені для таких параметрів:

1) $c = 3 \dots 6$ м, $b = 0,5$ м, $a = 0,1 \dots 30$ м, $\varepsilon_2 = 0,27$, $\varepsilon_1 = 0,6$. Результати зображені графічно на рисунку 2.



а)



б)

Рисунок 2 – Графіки залежності кутового коефіцієнта (а) та теплового потоку (б) від висоти полум'я і відстані між рухомих пожежним модулем та факелом

Аналіз зазначених графіків показує, що збільшення температури полум'я збільшує величину теплового потоку. Причому такий тепловий потік призводить до самозаймання пласту вугілля.

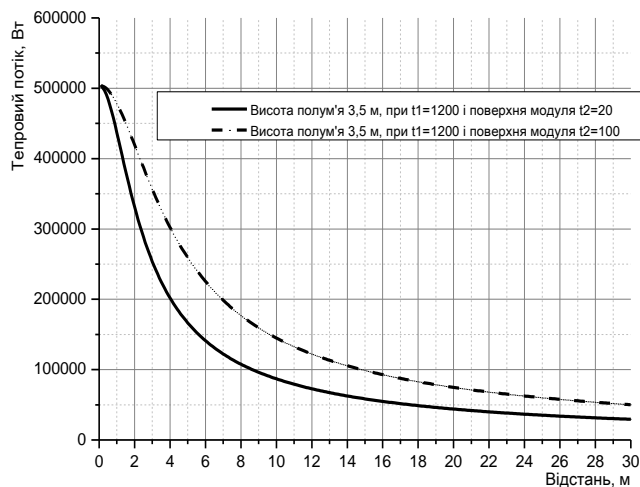


Рисунок 3 – Графік залежності величини теплового потоку від температури поверхні пожежного модуля та відстані до полум'я

Досліджений тепловий потік також негативно впливає на роботу роботизованого модуля. Згідно із технічними інструкціями, акумуляторні батареї можуть працювати лише при температурі нижчій за 72°C . Щоб захистити акумуляторні батареї від теплового потоку їх поміщають у захисний кожух. Проте захисний кожух з часом сам нагрівається і починає нагрівати внутрішній простір роботизованого модуля, що підвищує температуру акумуляторної батареї. Для забез-

печення нормальних умов роботи необхідно додатково під металевим кожухом багатофункціонального модуля встановити додатковий ізоляційний шар, а зовні він повинен омиватися водним розчином [9].

Висновки. На підставі проведених розрахунків запропонованих умов горіння факел та експериментальними дослідженнями було встановлено, що час безперервної роботи роботизованого модуля становить 50 хв, проте у разі гасіння в місцях гірничих виробок шахти маневреність обмежена і тому цей час збільшується. З іншої сторони тепловий потік не повинен нагрівати модуль протягом зазначеного часу до критичної температури, що досягається системою охолодження поверхні.

Список літератури

1. Концепція Державної цільової економічної програми реформування вугільної промисловості на 2015-2020 роки
2. Національна доповідь 2014 року [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: http://www.dsns.gov.ua/files/prognoz/report/2014/ND_2014.pdf
3. Наймасштабніші аварії на шахтах за роки незалежної України [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://tsn.ua/ukrayina/naymasshtabnishi-avariyi-na-shahtah-za-roki-nezaleznoyi-ukrayini-889978.html>
4. Постанова Кабінету Міністрів України № 374 від 29 березня 2006 р. Про затвердження Програми підвищення безпеки праці на вугледобувних та шахтобудівних підприємствах (Із змінами, внесеними згідно з Постановами КМ №76 (76-2016-п) від 11.02.2016)
5. Аварії на шахтах забрали в Україні близько тисячі гірників: статистика [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://24tv.ua/avariyi-na-shahtah-zabrali-v-ukrayini-blizko-tisyach-girnikiv-statistika-n550571>
6. Список: Аварии на шахтах Украины [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://miningwiki.ru/wiki/>
7. Аналіз виникнення аварій на шахтах [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://rian.com.ua/infografika/20150306/364468855.html>
8. Лыков А.В. Теория теплопроводности.– М.: Высшая школа, 1967. – 600 с.
9. Уонг Х. Основные формулы и данные по теплообмену для инженеров. Справочник.– М.: Атомиздат, 1979.– 216 с.
10. Семерак М. М. Математичне моделювання та дослідження величини теплового потоку факела пожежі / М. М. Семерак, А. М. Домінік, К. І. Мигаленко, Д. В. Руденко / Вісник

ЛДУБЖД: Зб. наук. праць. – Львів: ЛДУ БЖД, 2013. – №. 7, С. 225-230.

11. Пазен О. Ю. Математичне моделювання процесів теплопереносу в багатошарових плоских конструкціях за умов пожежі : дис. канд. техн. наук : 21.06.02 / Пазен Олег Юрійович - Львів, 2016. – 168 с.

12. Семерак М. М. Теплові потоки, зумовлені випромінюванням факела пожежі / М. М. Семерак, А. М. Домінік, А. В. Субота // Пожежна безпека: Зб. наук. праць. – Львів: ЛДУ БЖД, 2011. – №19. – С.131-136.

References:

1. Kontsepsiia Derzhavnoi tsilovoi ekonomichnoi prohramy reformuvannia vuhilnoi promyslovosti na 2015-2020 roky
2. Natsionalna dopovid 2014 roku [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu do resursu: http://www.dsns.gov.ua/files/prognoz/report/2014/ND_2014.pdf
3. Naimasshtabnishi avarii na shakhtakh za roky nezaleznoi Ukrainy [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu do resursu: <https://tsn.ua/ukrayina/naymasshtabnishi-avariyi-na-shahtah-za-roki-nezaleznoyi-ukrayini-889978.html>
4. Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy № 374 vid 29 bereznia 2006 r. Pro zatverdzhennia Prohramy pidvyshchennia bezpeky pratsi na vuhledobuvnykh ta shakhtobudivnykh pidpriemstvakh (Iz zminamy, vnesenymy zghidno z Postanovamy KM №76 (76-2016-p) vid 11.02.2016)
5. Avarii na shakhtakh zabraly v Ukraini blyzko tysiachi hirnykiv: statystyka [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu do resursu: http://24tv.ua/avariyi_na-shahtah_zabrali_v_ukrayini__blizko_tisyach_girnikiv_statistika_n550571
6. Spysok: Avaryy na shakhtakh Ukrainy [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu do resursu: <https://miningwiki.ru/wiki/>
7. Analiz vynyknennia avarii na shakhtakh [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu do resursu: <http://rian.com.ua/infografika/20150306/364468855.html>
8. Lykov A.V. Teoryia teploprovodnosti.– М.: Vysshiaia shkola, 1967.- 600 s.
9. Uonh Kh. Osnovnye formuly i dannye po teploobmenu dlia ynzhenеров. Spravochnyk.– М.: Atomizdat, 1979.– 216 s.
10. Semerak M. M. Matematychno modeliuvania ta doslidzhennia velychyny teplovoho potoku fakela pozhezhi / М. М. Semerak, А. М. Dominik, К. І. Myhalenko, D. V. Rudenko / Visnyk LDUBZhD: Zb. nauk. prats. – Lviv: LDU BZhD, 2013. – №. 7, S. 225-230.

11. Pazen O. Yu. Matematychni modeliuvannia protsesiv teploperenosu v bahatosharovykh ploskykh konstruktsiakh za umov pozhezhi : dys. kand. tekhn. nauk : 21.06.02 / Pazen Oleh Yuriovych – Lviv, 2016. – 168 s.

12. Semerak M. M. Teplovi potoky, zumovleni vyprominiuvanniam fakela pozhezhi / M. M. Semerak, A. M. Dominik, A. V. Subota // Pozhezna bezpeka: Zb. nauk. prats. – Lviv: LDU BZhD, 2011. – №19. – S.131-136.

D.V. Rudenko, A.M. Dominik

INFLUENCE OF HEAT FLOW ON MULTI-FUNCTIONAL ROBOTIC MODULE DURING EXTINGUISHING FIRES IN MINES

Conclusion. Coal is used as a technological raw material in the ferrous metallurgy and chemical industry for the production of mineral fertilizers and plastics, and coal is used as energy raw material for the production of electricity at thermal power plants, for heating residential and public buildings. The unsatisfactory state of the coal industry is due to interaction over a fairly long period of a number of factors, which by their nature have both objective and subjective character.

Purpose. In order to enter the market economy, the branch needs restructuring, the main objectives of which are the formation of competitive coal enterprises, the consistent reduction of state support to the enterprises of the industry, the use of less energy consuming extractive equipment, the improvement of safety at work in mines, the provision of trouble-free work, as well as social security of industry workers.

Methods. Empirical and theoretical methods.

Results. In the event of a fire in the mining area of the mine and subsequent possible destruction of the elements of the bearing structures of the mining shaft, as already noted earlier, in many cases it is necessary to extinguish and rescue. The presence of combustion products makes it difficult to carry out these measures. Combustion products are characterized by a high temperature (over 1000 °C), which leads to the failure of the electronic (control system) and electrical equipment (rechargeable batteries, electric motors) of the robotic module.

The heat flux studied also negatively affects the work of the robotic module. According to the technical instructions, rechargeable batteries can only operate at temperatures below 72 °C. To protect the batteries from the heat flow, they are placed under the protective cover. However, the protective cover over time heats up and begins to heat the internal space of the robotic module, which increases the temperature of the battery. In order to provide the normal working conditions, it is necessary to install an additional insulating layer in addition to the metal cover of the multifunctional module, and from the outside it should be washed with a water solution.

Introduction. Based on the calculations of the proposed conditions of torch combustion and experimental studies, it has been established that the time of continuous work of the robotic module is 50 minutes, but when extinguishing in the places of mine workings of the mine, the maneuverability is limited and therefore this time increases. On the other hand, the heat flow should not heat the module within the specified time to the critical temperature achieved by the system of cooling the surface.

Key words: accident at mines, extinguishing of fires in mine workings of mine, radiation of a torch