

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

МИГАЛЕНКО КОСТЯНТИН ІВАНОВИЧ

УДК 614.84

**ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ ПОЖЕЖ НА ТОРФ'ЯНИКАХ ТА
ТОРФОРОЗРОБКАХ**

21.06.02 – пожежна безпека

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Львів – 2015

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Черкаському інституті пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України.

Науковий керівник:

доктор технічних наук, професор
Семерак Михайло Михайлович,
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, завідувач кафедри термодинаміки та фізики, лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, Заслужений діяч науки і техніки України

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор
Костенко Віктор Климентович,
завідувач кафедри природоохоронної діяльності Донецького національного технічного університету (м. Красноармійськ) Міністерства освіти та науки України

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник
Дунюшкін Володимир Олександрович,
провідний науковий співробітник відділу науково-експериментальних досліджень науково-випробувального центру Інституту цивільного захисту України

Захист відбудеться «___» червня 2015 року о 11 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 35.874.01 у Львівському державному університеті безпеки життєдіяльності за адресою: 79007, м. Львів, вул. Клепарівська, 35.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Львівського державного університету безпеки життєдіяльності за адресою: 79007, м. Львів, вул. Клепарівська, 35.

Автореферат розіслано « ____ » _____ 2015 року

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради
к.т.н., доцент

В. М. Баланюк

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Результати аналізу статистики пожеж свідчать про те, що за останні 13 років в Україні на торф'яниках сталось 497 пожеж, під час яких загинуло 315 людей, знищено 52085 га території, а також завдано значних матеріальних втрат та шкоди довкіллю.

Науковими дослідженнями з питань попередження та гасіння пожеж на торф'яниках займалися Грішин А., Ключ П., Шкарабура М., Єлагін Г., Корольченко О., Повзик Я., Конєв Е., Бурасов Д., Іпатьєв А., Ільющонок А., Василевич А., Суботін А. та інші, але слід зазначити, що в їхніх роботах недостатню увагу було приділено виявленню впливу теплофізичних та геометричних параметрів і фізико-хімічних процесів горіння торф'яників на процеси розвитку таких пожеж.

Розкриття особливостей впливу теплофізичних параметрів торфу, технологічних параметрів торфорозробок і фізико-хімічних процесів їх горіння на виникнення і розвиток пожеж на торф'яниках та торфорозробок є важливою науковою задачею, розв'язання якої є науковим підґрунтям підвищення ефективності забезпечення пожежної безпеки зазначених об'єктів, що і обумовило актуальність роботи.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконувалась відповідно до: «Державної цільової програми проведення моніторингу навколишнього природного середовища», затвердженої постановою Кабінету Міністрів України від 5 грудня 2007 р. №1376 із змінами (постанова Кабінету Міністрів України № 880 від 17.08.2011 та №970 від 24.10.2012); «Концепції наукового забезпечення діяльності МНС України» (2012 р.); «Концепції державної цільової соціальної програми забезпечення пожежної безпеки на 2011-2015 роки», затвердженої розпорядженням Кабінету Міністрів України від 22 січня 2014 р. №37-р у рамках реалізації концепцією наукової діяльності Львівського державного університету безпеки життєдіяльності МНС України на 2009-2013 роки за напрямком 4 (п. 4.4, 4.9) (номер державної реєстрації 0112U006819).

Ідея роботи полягає у підвищенні ефективності забезпечення пожежної безпеки торф'яників та торфорозробок шляхом застосування науково обґрунтованих заходів, які враховують особливості впливу теплофізичних параметрів торфу, технологічних параметрів торфорозробок і фізико-хімічних процесів їх горіння на розвиток пожеж на таких об'єктах.

Мета та задачі дослідження. Метою роботи є розкриття особливостей впливу теплофізичних параметрів торфу, технологічних параметрів торфорозробок і фізико-хімічних процесів їх горіння на розвиток пожеж на торф'яниках та торфорозробках, як наукове підґрунтя підвищення ефективності забезпечення пожежної безпеки зазначених об'єктів.

Для досягнення поставленої мети визначено до розв'язання такі задачі:

- провести аналіз статистики пожеж та стану забезпечення пожежної безпеки на торф'яниках та торфорозробках України і виявити шляхи його покращення;

- провести теоретичне описання процесу розвитку підземної пожежі на торф'яниках і торфорозробках та теплопередачі від осередку пожежі на інші ділянки торфу з урахуванням фізико-хімічних процесів горіння і променистого теплообміну;
- теоретично обґрунтувати вплив випромінювання на швидкість розповсюдження пожеж в штабелях і буртах на торфорозробках;
- розробити методику та провести експериментальні дослідження із встановлення концентрацій основних небезпечних складових диму, який виділяється в результаті горіння пласту торфу;
- розробити методику та провести експериментальні дослідження з виявлення ефективності вогнеперешкоджальної здатності річкового піску і суспензії бентонітової глини для припинення розвитку торф'яних пожеж;
- розробити проект рекомендацій, щодо застосування природних мінералів для локалізації та припинення торфових пожеж.

Об'єкт дослідження – процеси виникнення та розвитку пожеж на торф'яниках і торфорозробках.

Предмет дослідження – вплив теплофізичних параметрів торфу, технологічних параметрів торфорозробок і фізико-хімічних процесів їх горіння на процеси виникнення, а також розвитку пожеж на торф'яниках і торфорозробках.

Методи дослідження. Проведення теоретичних досліджень базувалось на основі розв'язків нестационарних диференціальних рівнянь теплопровідності із застосуванням методу інтегральних перетворень Лапласа, законів теплового випромінювання. Експериментальні дослідження з визначення щільності ґрунту проводилось методом «різального кільця»; визначення природної вологості ґрунту – ваговим методом; визначення пористості та об'ємної насипної маси піску в неуціленому стані проводилось за стандартизованими методиками, регламентованими ГОСТ 8735-88 та 8736-88, із використанням метрологічно атестованого обладнання і повірених засобів вимірювання; визначення ступеню задимленості камери і концентрацій складових диму, що утворився при згорянні зразків торфу, відповідно до вимог ГОСТ 12.1.005-88 та методичних вказівок на фотометричне визначення двоокису азоту в повітрі робочої зони. Дослідження процесів горіння зразків торфу масою від 14,2 до 25,6 кг проводились в газодимокамері об'ємом 205,7 м³.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у розкритті особливостей впливу теплофізичних параметрів торфу, технологічних параметрів торфорозробок і фізико-хімічних процесів їх горіння на розвиток пожеж на торф'яниках та торфорозробках. При цьому:

- *уперше* за результатами математичного моделювання розвитку пожежі виявлено, що проміжок часу до моменту самозаймання на поверхнях сусідніх штабелів торфу за однакової відстані між ними та однакового теплового впливу залежить від його геометричної форми і знаходиться у діапазоні від 240 до 930 с. Для штабелів у формі зрізаної піраміди, пірамідальної та напівсферичної форми цей проміжок часу складає 240 с; 240 с та 930 с відповідно;

- *уперше* встановлено, що напівсферичний торфований штабель при пожежі на сусідньому має одну локальну зону нагріву до температури самозаймання, а при пожежі на двох сусідніх штабелях – має три такі зони;

- *уперше* із застосуванням математичного моделювання процесів розвитку пожеж було виявлено параболічну залежність тривалості вогнеперешкоджальної здатності τ , год запропонованих для обмеження розвитку пожеж на торф'яниках вогневих перешкод з мінеральних матеріалів від їх ширини b , мм, яка описується поліноміальними регресійними залежностями $b = -141.526 + 31.406\tau - 0.681\tau^2 + 5.319\tau^3$ – у разі застосування річкового піску та $b = -106.429 + 14.653\tau - 0.149\tau^2 + 0.692\tau^3$ – у разі застосування 10 % суспензії бентонітової глини;

подальшого розвитку дістала:

- технологія обмеження розвитку і гасіння пожежі на торф'яниках та торфорозробках, яка на відміну від відомих враховує утворення гідроізоляційного шару на поверхні торфу, що горить, а також передбачає створення вогнеперешкоди у вигляді нарізаних у пластах торфу вертикальних щілин шириною від 180 до 300 мм заповнених 10 % суспензією бентонітової глини або річкового піску на глибину до мінеральної основи;

- *удосконалено* методику визначення та дослідження процесу нагріву поверхні пірамідального штабеля при горінні сусіднього штабеля.

Практичне значення отриманих результатів. Результати теоретичних та експериментальних досліджень з розкриття особливостей розвитку пожеж на торф'яниках та торфорозробках реалізовано у розроблених рекомендаціях щодо прогнозування масштабів пожеж для використання у практичній діяльності під час локалізації та ліквідування пожеж на таких об'єктах. Запропоноване застосування річкового піску або 10 % суспензії бентонітової глини для перешкоджання поширення як наземного, так і підземного, горіння торфопластів створює передумови для підвищення ефективності системи запобігання пожеж та їх профілактики на зазначених об'єктах.

За результатами дисертаційних досліджень розроблено методичні рекомендації, які впроваджено шляхом їх включення до заходів, необхідних для забезпечення пожежної безпеки на торф'яниках у Черкаській області, що підтверджено актом впровадження.

Результати роботи також впроваджено в навчальний процес Черкаського інституту пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України та Львівського державного університету безпеки життєдіяльності під час викладання дисциплін «Пожежна тактика» і «Теорія розвитку та припинення горіння», про що є відповідні акти.

Достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечено логічним обґрунтуванням та відповідністю поставлених для досягнення визначеної мети досліджень завдань і методів їх розв'язання, заснованих на загальноновизнаних методах наукових досліджень; застосуванням методу інтегральних перетворень Лапласа, законів теплового випромінювання під час проведення теоретичних досліджень процесів розвитку пожеж; використанням застандартизованих методик та метрологічно атестованого

обладнання і повірених засобів вимірювання, а також збіжністю результатів теоретичних розрахунків та отриманих експериментальних даних з визначення мінімальних розривів між штабелями торфу.

Особистий внесок здобувача. Особисто автором проведено аналіз статистики пожеж на торф'яниках, сформульовано мету і завдання дослідження, проведено теоретичні узагальнення отриманих результатів. Розроблено методику теоретичного дослідження протікання теплових процесів пожеж та запобігання їх розвитку.

Всі основні результати дисертаційних досліджень отримані автором самостійно. В наукових працях, опублікованих у співавторстві, участь автора є такою: [1] – в лабораторних умовах дослідив зразки торфу з Ірдинського родовища Черкаської області і встановив, що концентрація шкідливих речовин продуктів згоряння перевищує гранично допустиму норму у діапазоні від 4 до 350 разів; [2] – за результатами експериментальних досліджень виявив залежність швидкості розвитку підземних пожеж на торф'яниках від типу торфу та його фізико-хімічних властивостей; [3] – дослідив вплив складових торфу, а саме бітуму, який утворюється під час формування та старіння торфопластів, на його водопроникність у разі гасіння пожежі і, як наслідок, на розвиток підземного процесу горіння; [4, 7] – дослідив процес розвитку підземної пожежі на торф'яниках р. Тясмин і встановив, його залежність від типу торфу та потужності пласта; [5] – дослідив особливості виникнення пожеж на торф'яниках у пожежонебезпечні періоди; [6] – дослідив залежність величини теплового потоку полум'я від його температури, геометричних розмірів та відстані до найближчих об'єктів; [8] – розробив математичну модель визначення теплових потоків полум'я пожежі, які впливають на сусідні штабелі торфу. Дослідив змінення температури на поверхні сусідніх штабелів, зумовлену тепловими потоками від штабелів, на яких вже виникло горіння.

Апробація результатів дисертації. Основні результати дисертаційної роботи доповідались, обговорювались та отримали схвалення на: наукових семінарах Академії пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля (2008-2012 рр.); Міжнародній науково-практичній конференції «Природничі науки та їх застосування в діяльності цивільного захисту» (м. Черкаси, 2006 р.); Всеукраїнській екологічній лізі. Матеріали III обласної молодіжної науково-практичної конференції (м. Черкаси, 2007 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Пожежна та техногенна безпека» (м. Черкаси, 2007 р.); Міжнародній науково-практичній конференції ад'юнктів, курсантів та студентів (м. Черкаси, 2008 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Техногенна безпека. Теорія, практика, інновації.» (м. Львів, 2008 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Пожежна безпека. Теорія і практика» (м. Черкаси, 2011 р.); Международной научно-практической конференции «Чрезвычайные ситуации: теория, практика, инновации» (г. Гомель, Республика Беларусь, 2012 г.); Міжкафедральній науково-практичній конференції: «Сучасні засоби захисту людини та виробництва від пожежі» (м. Черкаси, 2012 р.); II Міжнародній науково-практичній конференції «Пожежна безпека. Теорія і практика» (м. Черкаси, 2012 р.); III Міжнародній науково-практичній конференції «Пожежна безпека. Теорія і практика» (м. Черкаси, 2013 р.); IV Міжнародній науково-

практичній конференції «Пожежна безпека. Теорія і практика» (м. Черкаси, 2014 р.).

Публікації. Основні результати дисертаційної роботи опубліковано у 8 статтях наукових журналів, які входять до переліку фахових видань, та у 13 тезах доповідей у збірниках матеріалів міжнародних та національних науково-практичних конференцій.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел із 112 найменувань на 10 сторінках; 5 додатків. Основна частина дисертації займає 146 сторінок та містить 50 рисунків і 27 таблиць.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, показано її зв'язок з науковими програмами і темами. Сформульовано ідею, мету і завдання, об'єкт та предмет дослідження, наукову новизну, а також практичну значущість отриманих результатів.

У **першому розділі** наведено огляд літературних джерел з попередження та гасіння пожеж на торф'яних полях, складах торфорозробок та підприємствах, що використовують торф у якості палива.

Висвітлено, що проблемою попередження та гасіння пожеж на торф'яниках та торфорозробках займалось багато вчених: Грішин А.М., Ключ П.П., Шкарабура М.Г., Єлагін Г.І., Корольченко О.Я., Повзик Я.С., Конєв Е.В., Бурасов Д.М., Іпатьєв А.В., Ільющонок А.В., Василевич А.Б., Суботін А.Н. та інші. Зокрема, Повзик Я.С. запропонував оконтурювати торфовища канавами із заповненням їх водою, але вони часто перешкоджають рухові пожежної техніки та особовому складу окремих рятувальних підрозділів та фахівцям при виконанні виробничих завдань, а також є недостатньо ефективними. За результатами аналізу літературних джерел було виявлено, що проблема профілактики пожеж на торфорозробках та торфосховищах залишається актуальною. Недостатню увагу приділялось питанням задимленості територій під час пожеж на торф'яниках, а також поглибленням знань щодо закономірностей розвитку пожеж на таких об'єктах.

Другий розділ присвячений дослідженню фізико-хімічних властивостей торфу, визначенню впливу задимленості на оточуюче середовище, розробці методик досліджень, складанню плану експериментів, вибору моделі. При проведенні експериментів використано фізичну модель з лінійним масштабом $a=100$.

За фізичну модель пожежі обрано горіння зразків торфу Ірдинського родовища (Черкаська область), які відібрані з різної глибини його залягання. Дослідження проводилися в газодимокамері ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля об'ємом $205,7 \text{ м}^3$. Спалювання проводилося в потоці повітря, який за час спалювання забезпечував 10-кратний його обмін у камері.

Структура торфу більш волокниста у верхніх шарах і аморфна у нижніх шарах торфу (при ступені розкладу до 50-65 %). В умовах природного залягання вологість торфу становить 45-70 %, а іноді і 90 %. Вміст мінеральних домішок

змінюється від 2 до 4 % у верхових та від 4 до 18 % у низинних торфах. Хімічний склад торфу: С – 50-60 %; Н – 4,5-6,5 %; N – 0,8-2,9 %; О – 31-40 %; S – 0,1-1,5 %. Зі збільшенням ступеня розкладу зменшується обсяг водорозчинних речовин, які легко гідролізуються, що призводить до зростання вмісту гумінових кислот і негідролізованого залишку.

Вміст бітумів залежить від типу торфу, а також від ступеня розкладу: чим глибше від поверхні – ступінь розкладу торфу вища 40-45 % і відповідно, вищий вміст бітуму 7,95-8,10 %. У торфах України кількість бітумів складає 5,6-28,5 % при ступені розкладу 20-70 %. За елементним складом бітуми торфові містять (у розрахунку на органічну масу): вуглецю – 65-75 %, водню – 9-12 %, кисню – 12- 22 %. Основні складові бітуму: віск, смоли, парафіни.

До складу торфу також входить гідроген, кисень, тому під час горіння утворюються порожнини, а де був бітум – тверді крайки, що мають форму склепіння. За рахунок вмісту воску, смоли та парафіну, при нагріванні торфу, закриваються його пори. Під дією вогню за температури 49-75 °С починає плавитись віск, а за $t = 90$ °С – смоли (ті, що близькі до смол соснових), за температури, близької до 120 °С – парафіни. Розплавлені віск, смоли і парафіни (складові бітуму торф'яного) охолоджуються та закривають пори торфу.

Після нагрівання зразків до температури +130 °С і більше проходить «спікання» торфу з утворенням щільної та твердої структури. Над порожниною створюється тверда «спечена» водонепроникна маса, гідроізоляційний шар, що не дозволяє кисневі, а також і воді при гасінні пожежі, проникати у нижчі шари торфу.

При дослідженні зразків торфу на водопроникність встановлено, що вона може змінюватись від 2-3 до 50-100 см/добу і залежить від ступеню розкладання торфу та вмісту в ньому бітуму – чим більший ступінь розкладу та вміст бітуму, тим менша водопроникність торфу. За результатами експериментальних досліджень в газодимокамері виявлено відсутність водопроникності звуглених зразків торфу.

В умовах недостатньої концентрації окисника, звичайної для пожежі на торфовищах, повне згоряння не відбувається, а при горінні зразків з будь-якої глибини залягання токсичність диму буде більшою за токсичність диму інших пожеж на відкритих просторах, що встановлено за результатами вогневих випробувань у газодимокамері.

Ступінь задимленості камери і концентрацію складових диму, що утворився, визначали у відповідності до ГОСТ 12.1.005-88.

Для визначення масової кількості у повітрі карбон оксиду (CO) використовували газоаналізатор Аквілон-1-1, а для визначення масової кількості нітроген діоксиду (NO₂) та сульфурдіоксиду (SO₂) – фотометричний метод.

Проведеними дослідженнями доведено, що навіть при достатній кількості кисню, яка забезпечувалася в умовах досліду, концентрація шкідливих речовин безпосередньо над зоною горіння на висоті 1 м перевищує значення ГДК у повітрі робочої зони, зокрема, CO у 355; NO₂ у 130; SO₂ у 260 разів відповідно. При розповсюдженні диму на площу, в 8 разів більшу площі горіння, на висоті 4 м концентрація шкідливих речовин перевищує значення ГДК в повітрі робочої зони:

CO у 10; NO₂ у 4; SO₂ у 8 разів відповідно. Горіння в реальних умовах недостатності кисню, призведе до ще більшої забрудненості навколишнього середовища токсичними продуктами неповного згоряння і продуктами піролізу компонентів торфу.

У житлових масивах, що близько розташовані від лісу та торфовищ, виникає загроза задимленості території та забруднення атмосферного повітря токсичними продуктами неповного згоряння торфу. На основі результатів проведених досліджень, складено прогноз розвитку підземних торф'яних пожеж з використанням планів торфовищ Черкаської гідрогеологічної експедиції, глибини залягання торфу по створах торфовища в басейні р. Тясмин, Черкаської області.

Чим менша потужність пласта торфу, тим швидше він вигоряє при підземній пожежі. Так за потужності пласта торфу 2,0 м, за добу пожежа пошириться на 2,8 м з лівого берега р. Тясмин. А з правого берега ми спостерігаємо, що за зменшення потужності пласта торфу збільшується швидкість поширення підземної пожежі в бік міста. Так за потужності пласта 0,7 м вона становить 4,8 м/добу, а за потужності 0,3 м – 7,3 м/добу.

При складанні прогнозів для натурних умов необхідно враховувати і фізичні властивості торфу даного створу (вологість, пористість, ступінь розкладання).

Знаючи процес розвитку пожежі на торф'янику можна скласти прогнози поширення підземної пожежі та забрудненості навколишнього середовища токсичними продуктами неповного згоряння торфу які допоможуть правильно вибрати диспозицію сил та засобів пожежних підрозділів.

У **третьому розділі** наведено результати математичного моделювання виділення і поширення тепла в пласті торфу та математичне моделювання теплового впливу пожежі на штабелі торфу при їх зберіганні.

Теплообмін між факелом пожежі і оточуючими предметами здійснюється завдяки теплопровідності, конвекції та випромінюванню. За високих температур (500 °С і більше) поширення тепла променевим теплообміном є переважаючим порівняно з конвекцією і теплообміном.

Під час горіння штабеля торфу виділяється значна кількість тепла, переважна частина якого передається до навколишніх штабелів та будівель.

При зберіганні торфу на підприємствах, що використовують його у якості палива, штабелі мають правильну геометричну форму піраміди, зрізаної піраміди або напівсфери з відповідним ухилом для стікання атмосферної води.

Важливим параметром для моделювання розвитку та поширення пожежі є протипожежний розрив між штабелями, доведено, що мінімальний протипожежний розрив між штабелями повинен бути не меншим 5-и м.

У разі виникнення пожежі, в більшості випадків, загоряється один або два штабелі, при цьому, можливі три сценарії пожежі на складі, де зберігається торф.

Перший сценарій полягає у виникненні та розвитку пожежі у боковому штабелі. Другий сценарій розвитку пожежі – займання у сусідньому штабелі, що знаходиться з боку одного з торців. Третій сценарій передбачає розвиток пожежі у двох сусідніх штабелях. Для прогнозування проміжку часу, за який досягається температура займання у штабелі, розроблено відповідний математичний апарат (рис. 1).

Для вирішення поставлених задач щодо прогнозування поведінки системи, що складається з торфового штабелю, охопленого пожежею та штабелю торфу без пожежі розроблено математичний апарат для визначення проміжку часу, за якого досягається температура займання у штабелі, не охопленого пожежею.

Аналіз поставленої задачі свідчить, що вона є надто складною і потребує у суворій постановці залучення сумісного термогазодинамічного аналізу та аналізу теплопровідності і крім цього необхідно замкнути записану систему рівнянь інтегральним рівнянням теплообміну випромінюванням. У такій постановці цю задачу вирішувати можна тільки чисельно із залученням спеціалізованих програмних комплексів, що поєднують у собі можливості проведення такого аналізу у сумісній постановці.

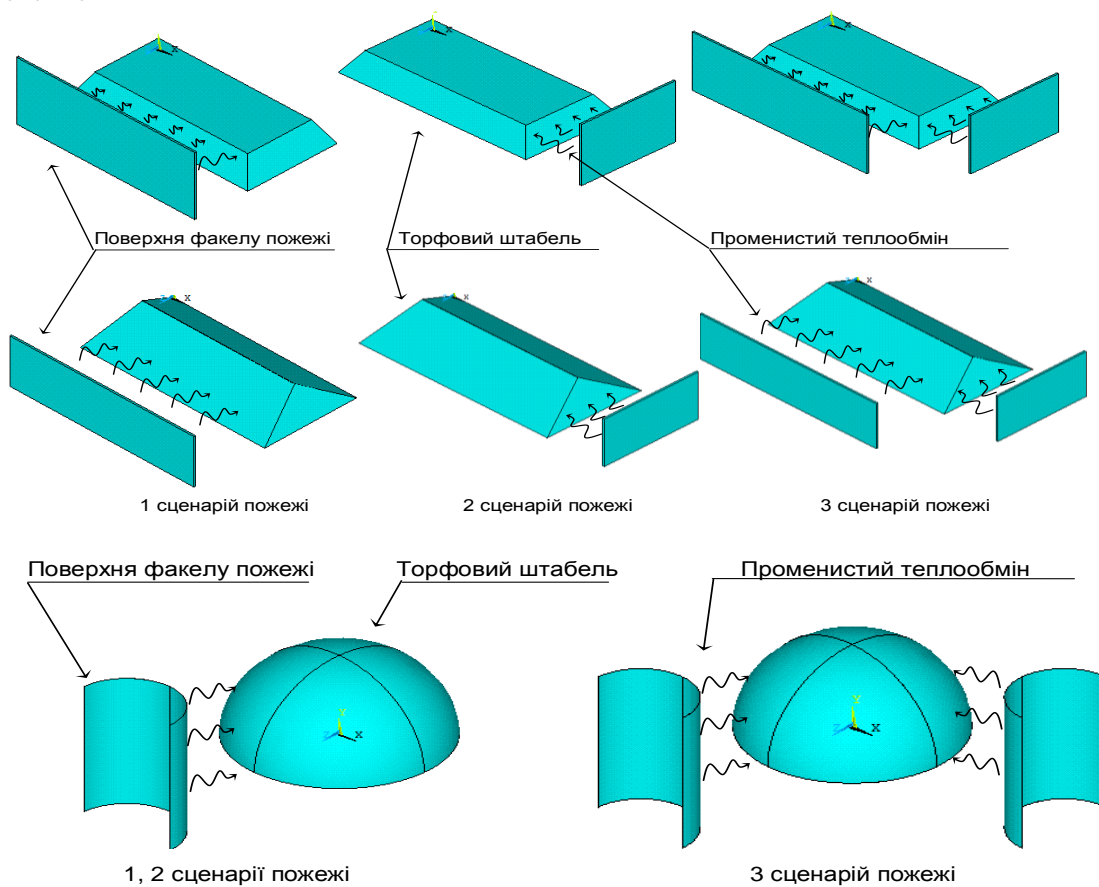


Рис. 1. Геометричні схеми теплової взаємодії між факелом пожежі та торфовим штабелем із різними конфігураціями відповідно до сценарію пожежі.

При розгляді теплообміну між факелом пожежі та торфовим штабелем застосовуються граничні умови III роду, що відповідають закону Стефана-Больцмана.

Для розрахунку можна використати рівняння нестационарної теплопровідності. Рівняння теплопровідності для тривимірної розрахункової області записані у такому вигляді:

$$C_v(T) \frac{\partial T}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda(T) \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\lambda(T) \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\lambda(T) \frac{\partial T}{\partial z} \right), \quad (1)$$

де $C_v(T)$ – питома об'ємна теплоємність торфу, Дж/м³; $\lambda(T)$ – теплопровідність торфу, Вт/(м·К); τ – час, с; T – температура, К.

Тепловий вплив на розрахункову область з боку зони підвищеної температури, яка утворюється у області де торф пласту згорів і віддав тепло, може бути описаний граничними умовами (ГУ) III роду, що записуються у вигляді:

$$-\lambda(T) \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=0,3m} = \alpha_B (T_P - T_W), \quad (2)$$

де α_B – коефіцієнт променистого теплообміну, Вт/(м²·°C); T_P , T_W – відповідно температури пожежного середовища і поверхні протипожежної перешкоди, °C; x – поточна просторова координата.

Коефіцієнт теплообміну враховує дію інфрачервоного випромінювання і визначається за таким загальним рівнянням:

$$\sum_{j=1}^N (\delta_{ij} - \varphi_{ij}) \sigma T_j^4 = \sum_{j=1}^N \frac{1}{A_j} \left(\frac{\delta_{ij}}{\varepsilon_j} - \varphi_{ij} \frac{1 - \varepsilon_i}{\varepsilon_j} \right) q_j \quad (3)$$

де δ_{ij} – параметр, який дорівнює 0, якщо $i \neq j$, і дорівнює 1, якщо $i = j$; q_j – поверхневий тепловий потік через i -ту поверхню, яка обмінюється випромінюванням з j -тою поверхнею; φ_{ij} – променеві форм-фактори, залежні від взаємного розташування i -тої і j -тої площ поверхонь, які обмінюються випромінюванням, і визначаються за формулою:

$$\varphi_{ij} = \frac{1}{A_i} \int_{A_i} \int_{A_j} \frac{\cos \theta_i \cos \theta_j}{\pi r^2} dA_j dA_i. \quad (4)$$

Якісна картина температурних розподілів у різні моменти часу для різних сценаріїв пожежі наведена на рис. 2 – 4.

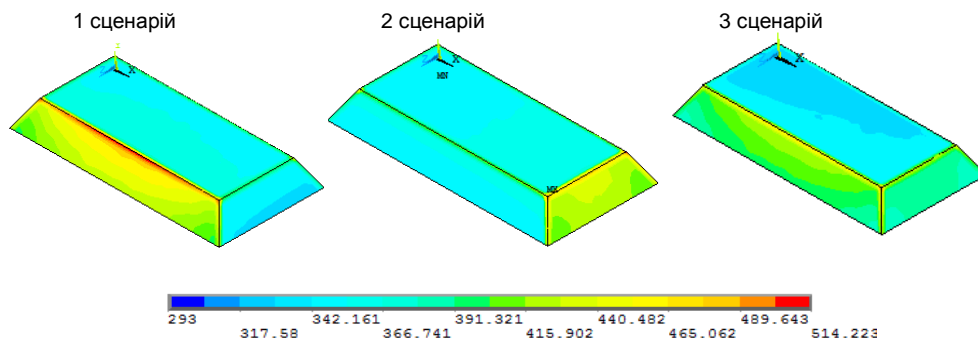


Рис. 2. Розподілення температури (К) на поверхні штабелю торфу у формі зрізаної піраміди на 10 хв розвитку пожежі.

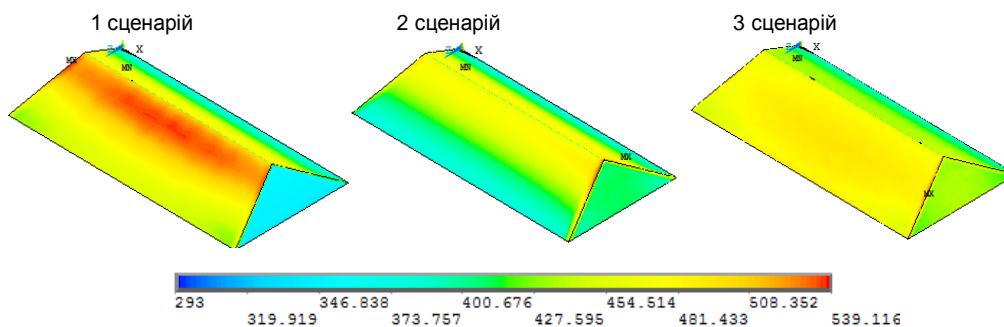


Рис. 3. Розподілення температури (К) на поверхні штабелю торфу у формі чотирикутної піраміди на 10 хв розвитку пожежі.

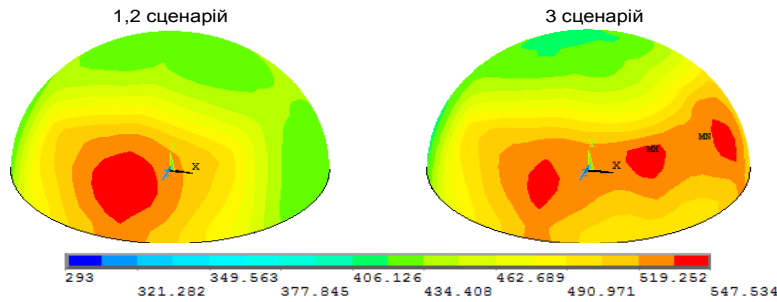


Рис. 4. Розподілення температури (К) на поверхні штабелю торфу у формі напівсфери на 20 хв розвитку пожежі.

Аналіз температурних розподілень, поданих на вказаних рисунках свідчить, що найбільш небезпечним є 3-й сценарій, коли пожежа відбувається з двох боків штабеля.

На рис. 5 наведені графіки зміни максимальної температури на поверхні штабелів різної форми із рекомендованими розмірами.

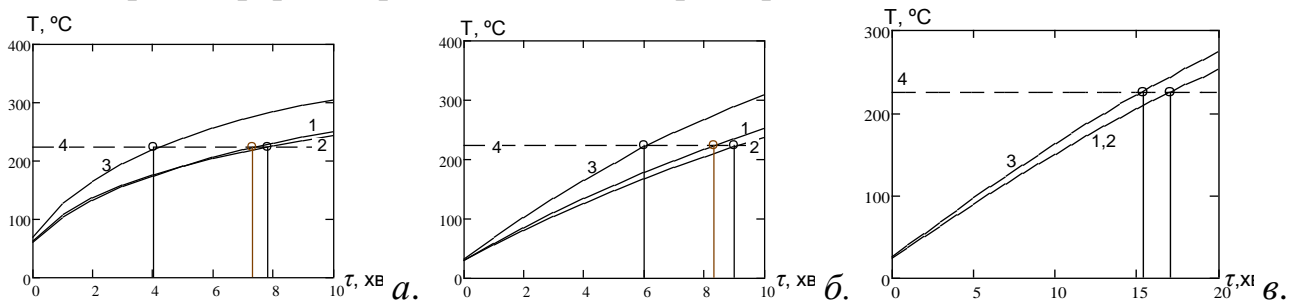


Рис. 5. Графіки зміни максимальної температури на поверхні штабелів різної форми із рекомендованими розмірами (1 – 1 сценарій пожежі, 2 – 2 сценарій пожежі, 3 – 3 сценарій пожежі): а – форма штабеля є зрізаною пірамідою; б – пірамідальна форма штабеля; в – форма є напівсферою.

Проведені додаткові дослідження впливу геометричних параметрів форми штабеля на час досягнення небезпечної температури на його поверхні. За результатами досліджень виявлено, що найбільш суттєвий вплив на проміжок часу досягнення температури займання для штабелів у формі пірамід має кут нахилу торцевих граней, а для сферичного штабелю – його діаметр основи.

Отримані дані використано для прогнозування розвитку пожежі на торф'яниках та розроблення заходів її локалізації.

Інтенсивність і величина нагріву навколишніх предметів, штабелів залежить від величини теплового потоку, обумовленого пожежею. При дослідженні теплообміну випромінювання між факелом і будівлями та торф'яними штабелями необхідно визначити долю енергії випромінювання факела, яка поглинається конструкціями та штабелями. Якщо факел рухається вгору паралельно до сусіднього штабеля, то цей потік визначається за формулою.

$$q = \varepsilon_{\text{зв}} \cdot 5,67 \cdot \left[\left(\frac{T_2}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_1}{100} \right)^4 \right] \cdot \varphi_{2-1}, \quad (5)$$

де $\varepsilon_{\text{зв}} = \left(\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1 \right)^{-1}$ – зведений ступінь чорноти системи полум'я-штабель; $\varepsilon_1 = 0,93$ – ступінь чорноти поверхні сусіднього штабеля; $\varepsilon_2 = 0,7$ – ступінь

чорноти поверхні штабеля, що горить; φ_{2-1} - частина повної енергії випромінювання факела, яка поглинається поверхнею штабеля; T_1 - температура поверхні штабеля; T_2 - температура факела, K .

1. Якщо висота факела c , висота штабеля b , а віддаль між ними r , то кутовий коефіцієнт випромінювання визначаємо за формулою (6).

$$\varphi_{2-1} = \frac{2}{\pi} \cdot \left[\left(\frac{1}{2 \cdot A \cdot B} \right) \cdot \ln \left(\frac{(1+A^2) \cdot (1+B^2)}{1+A^2+B^2} \right) + \frac{\sqrt{1+A^2}}{A} \cdot \arctg \left(\frac{B}{\sqrt{1+A^2}} \right) + \frac{\sqrt{1+B^2}}{B} \times \right. \\ \left. \times \arctg \left(\frac{A}{\sqrt{1+B^2}} \right) - \frac{1}{A} \cdot \arctg(B) - \frac{1}{B} \cdot \arctg(A) \right], \quad (6)$$

де $A=a/r$, $B=b/r$.

2. Якщо на площині, на якій стоїть штабель на віддалі r , виникає невелике полум'я площина якого паралельна боковій поверхні штабеля, то кутовий коефіцієнт записується у вигляді:

$$\varphi_{2-1}^* = \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\frac{A}{\sqrt{1+A^2}} \cdot \arctg \left(\frac{B}{\sqrt{1+A^2}} \right) + \frac{B}{\sqrt{1+B^2}} \cdot \arctg \left(\frac{A}{\sqrt{1+B^2}} \right) \right]. \quad (7)$$

3. Якщо на площині, що проходить через основу штабеля розміри якого $a \times b$ на віддалі r виникає пожежа то кутовий коефіцієнт визначається за формулою:

$$\varphi_{2-1}^{**} = \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\arctg \left(\frac{b}{r} \right) - \frac{\frac{r}{b}}{\sqrt{\left(\frac{a}{b}\right)^2 + \left(\frac{r}{b}\right)^2}} \cdot \arctg \left(\frac{1}{\sqrt{\left(\frac{a}{b}\right)^2 + \left(\frac{r}{b}\right)^2}} \right) \right]. \quad (8)$$

За формулами (5-8) проведені розрахунки кутових коефіцієнтів в залежності від r , при $a=2$ м, $b=3$ м. Розрахунки представлені графічно на рисунку 6.

За формулою (5) проведені розрахунки величини теплового потоку q в залежності від температури поверхні торф'яного штабеля. При цьому враховано, що температура горіння торфу $T_2=1150$ К. Результати розрахунків представлені на рис. 7.

Розглядаючи задачу теплопровідності з граничними умовами другого роду одержано рівняння для знаходження температури в штабелі, що нагрівається.

$$t(\tau, x) = \frac{q}{\lambda} \cdot \int_x^\infty \operatorname{erfc} \left(\frac{x}{2\sqrt{a\tau}} \right) dx \quad (9)$$

де λ - коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·К); a - коефіцієнт температуропровідності, м²/с; τ - час, с; $\operatorname{erfc} x = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \cdot \int_x^\infty e^{-x^2} dx$. За формулою (7) проведені розрахунки температури на боковій поверхні штабеля ($x=0$) при $r=4$ м. Результати представлені графічно на рис. 8:

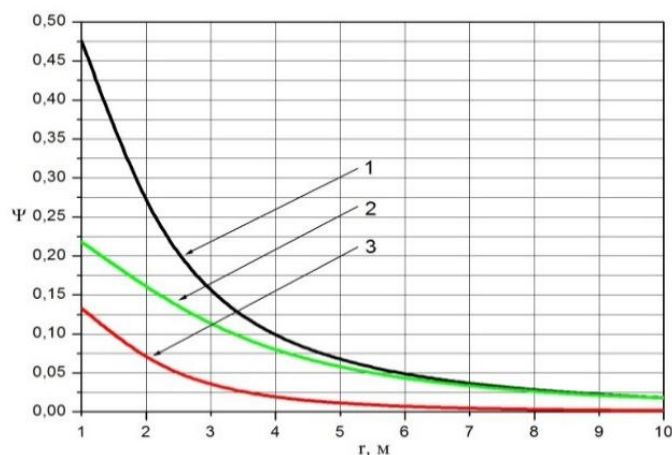


Рис. 6. Залежність змінення значення кутового коефіцієнту від відстані r між штабелем та площиною полум'я.

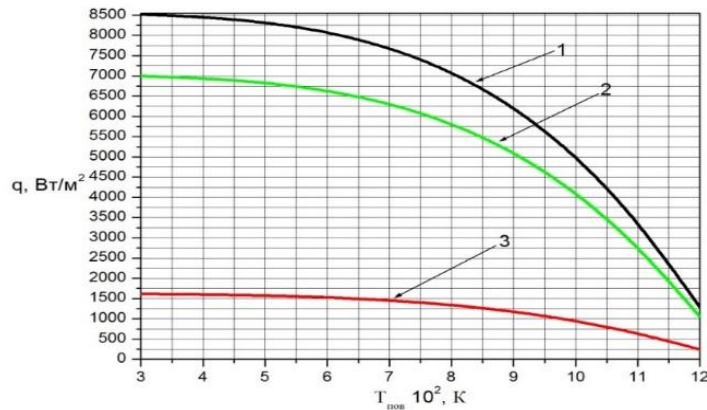


Рис. 7. Розподіл теплового потоку при зміні температури на поверхні штабеля де: 1 - тепловий потік за φ_{2-1} ; 2 - тепловий потік за φ_{2-1}^* ; 3 - тепловий потік за φ_{2-1}^{**} .

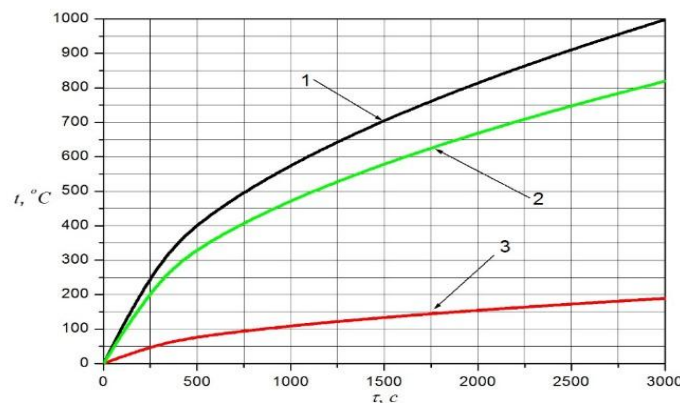


Рис. 8. Залежність змінення температури на поверхні штабеля з плинном тривалості горіння де:

1 - температура на поверхні штабеля при φ_{2-1} ; 2 - температура на поверхні штабеля при φ_{2-1}^* ; 3 - температура на поверхні штабеля при φ_{2-1}^{**} .

З аналізу рисунків 6-8 видно, що значення температур залежить від кутових коефіцієнтів та тривалості часу горіння. Якщо торф нагріється до критичної температури (температури займання) – він загориться. Для підвищення пожежної безпеки на торфових полях необхідно вибрати безпечні розриви між штабелями та навколишніми спорудами.

У четвертому розділі наведено спосіб (технологію) обмеження розвитку та припинення горіння торф'яного пласту, класифікацію вогнегасних засобів, переваги та недоліки води, як вогнегасного засобу. Розроблено математичну модель теплового впливу протипожежної перешкоди на розвиток пожежі у торфовому пласті та методику проектування протипожежних перешкод з огляду на проміжок часу, необхідного для протипожежного захисту ділянки торфу.

До ізолюючих вогнегасних засобів можна віднести також бентонітові глини. Бентоніти, колоїдні глини, що складаються в основному з мінералів групи монтморилоніту $Al_2[Si_4O_{10}](OH)_2 \cdot n_2O$, характеризуються рядом цінних властивостей, таких, як високе набрякання у воді, здатність зберігати задану

форму, тонка дисперсність.

Наведено результати досліджень з виявлення ефективності застосування 10 % суспензії бентонітової глини, а також річкового піску з модулем крупності $M_k \leq 1,48$ для захисту від розповсюдження пожеж на об'єкти, що знаходяться поряд з торфовищами.

Для того, щоб ізолювати масив торфових полів від поширення підземної пожежі до об'єктів або населених пунктів, в ньому зі сторони можливого напрямку поширення, виривають канали (шириною до декількох метрів), в які заливають воду. З плином часу вода всмоктується торфом і висихає. Запропоновано траншеї зі значно меншою шириною (до 30 см) з піском або 10 % суспензією бентонітової глини (від 15 до 25 см).

Проведені експерименти в газодимокамері засвідчили, що ефективність 10 % суспензії бентонітової глини є більшою порівняно з річковим піском.

Звідси випливає висновок, що для захисту важливих об'єктів (поля із зерновими культурами, будь-які будівлі чи інші об'єкти) можна захистити шляхом проведення наступного профілактичного заходу – нарізати щілини, що відсікають об'єкт від торфовища до мінеральної основи і заповнити: піском з $M_k \leq 1,48$; водяно-глинистою 10 % суспензією. Як профілактичний захід поширення підземних пожеж на торф'яниках рекомендовано проведення кольматації бентонітовою глиною. Під кольматацією ґрунтів розуміють процес заповнення порового простору більш мілкими пилюватими та глинистими частинками, що знаходяться у завислому стані у воді, що фільтрується. Результатом кольматації є зменшення активної пористості, знижується доступ повітря, що сприяє припиненню горіння.

Для захисту прилеглих територій від торф'яної (грунтової чи підземної) пожежі та забезпечення безперервного руху пожежних машин при гасінні пожеж необхідно нарізати щілини (шириною b) спеціальною технікою на відповідну глибину у торфі до мінерального ґрунту.

Для прогнозування зміни теплових процесів в системі, «торфовий пласт – перешкода», розроблено математичну модель визначення температурних полів у шарах торфового пласту та запропонованої перешкоди, при цьому використані рівняння нестационарної теплопровідності з граничними умовами I та III роду.

Рівняння нестационарної теплопровідності для даного випадку не має аналітичних розв'язків і може бути вирішено тільки чисельно. Для його розв'язку нами був використаний метод кінцевих елементів, де система рівнянь розв'язується ітераційним методом (методом Ньютона-Рафсона).

Було розроблено відповідну розрахункову методику і одержано розподіл температури за тривалості горіння. Перешкоди з піску та бентонітової глини є ефективним захистом від поширення пожежі у торфовищі, оскільки температура у захищеній ділянці піском піднімається до небезпечного значення за 24,5 годин (рис. 9), а ділянка захищена бентонітовою глиною – за 25,4 години, за умов інтенсивного горіння торфу поряд з перешкодою (рис. 10.).

Для виявлення закономірностей залежності часу настання у захищеній ділянці небезпечної температури займання торфу нами були побудовані відповідні графіки, що наведені на рис. 11.

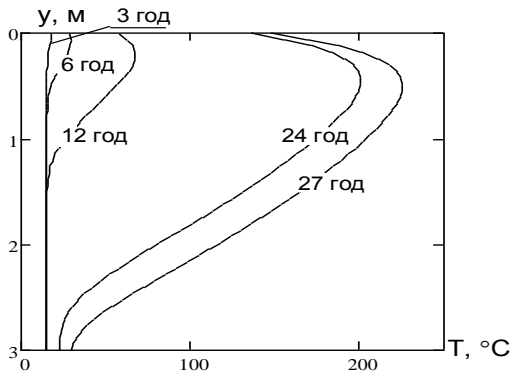


Рис. 9. Розподілення температур на межі захищеної ділянки торфяного пласту і протипожежної перешкоди з річкового піску товщиною 300 мм за проміжки часу підземної пожежі.

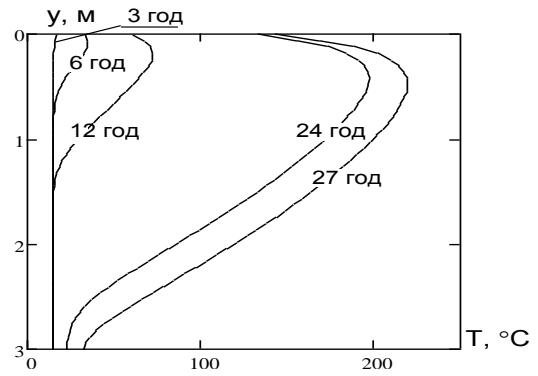


Рис. 10. Розподілення температур на межі захищеної ділянки торфяного пласту і протипожежної перешкоди з бентонітової глини товщиною 180 мм за проміжки часу підземної пожежі.

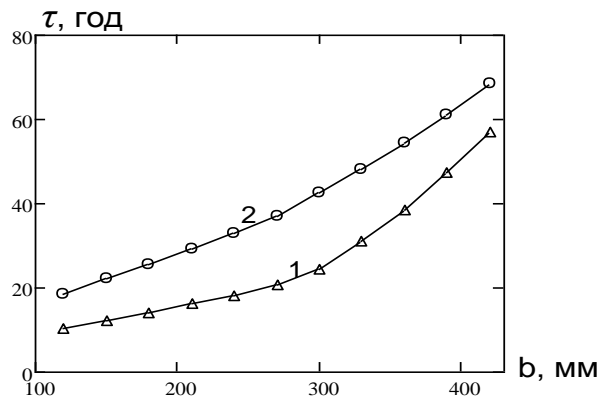


Рис. 11. Залежності часу настання небезпечної температури для займання торфу від товщини перешкоди: 1 – з річкового піску; 2 – бентонітової глини.

Графіки на рис. 11 показують, що протипожежна перешкода з бентонітової глини є більш ефективною. Оскільки при меншій товщині дає захист на більший час. Це пояснюється тим, що за рахунок більшого вмісту води вона має більшу теплоємність та менший коефіцієнт теплопровідності.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі, наведено розв'язання актуальної наукової задачі розкриття особливостей впливу теплофізичних параметрів торфу, технологічних параметрів торфяних виробів і фізико-хімічних процесів горіння на розвиток пожеж на торф'яниках та торфяних виробках як наукове підґрунтя підвищення ефективності забезпечення пожежної безпеки зазначених об'єктів. При цьому сформульовано такі наукові та практичні висновки:

1. За результатами аналізу статистики пожеж та стану забезпечення пожежної безпеки на торф'яниках та торфяних виробках України висунуто ідею, що підвищення ефективності забезпечення пожежної безпеки торф'яників та торфяних виробок може бути досягнуто шляхом застосування науково обґрунтованих заходів, які враховують особливості впливу теплофізичних параметрів торфу, технологічних параметрів торфяних виробок і фізико-хімічних

процесів горіння торфу на розвиток пожеж на таких об'єктах.

2. За результатами математичного моделювання теплових процесів при пожежі штабелів торфу виявлено закономірності тривалості досягнення температури самозаймання на їх поверхнях залежно від геометричної конфігурації штабелю та динаміки розвитку пожежі на сусідніх штабелях (сферична та пірамідальна форма).

3. За результатами математичного моделювання розвитку пожежі виявлено, що проміжок часу до моменту самозаймання на поверхнях сусідніх штабелів торфу за однакової відстані між ними та однакового теплового впливу залежить від його геометричної форми і знаходиться у діапазоні від 240 до 930 с. Для штабелів у формі зрізаної піраміди, пірамідальної та напівсферичної форми цей проміжок часу складає 240 с; 240 с та 930 с відповідно.

4. Встановлено, що напівсферичний торфовий штабель при пожежі на сусідньому має одну локальну зону нагріву до температури самозаймання, а при пожежі на двох сусідніх штабелях – має три такі зони.

5. Із застосуванням математичного моделювання процесів розвитку пожеж було виявлено параболічну залежність тривалості вогнеперешкоджальної здатності τ , год запропонованих для обмеження розвитку пожеж на торф'яниках вогневих перешкод з мінеральних матеріалів від їх ширини b , мм, яка описується поліноміальними регресійними залежностями $b = -141.526 + 31.406\tau - 0.681\tau^2 + 5.319\tau^3$ – у разі застосування річкового піску та $b = -106.429 + 14.653\tau - 0.149\tau^2 + 0.692\tau^3$ – у разі застосування 10 % суспензії бентонітової глини.

6. Встановлено, що закриття пор верхніх шарів торфу після охолодження водою розплавлених до відповідних температур: воску + 75 °С, смоли + 90 °С і парафіну + 120 °С, що входять до складу бітуму торф'яного, призводить до створення гідроізоляційного шару і перешкоджає проникненню води, а також сприяє поширенню підземних пожеж на торф'яниках. Це дає змогу удосконалити технологію гасіння підземних пожеж шляхом заглиблення спеціальних стволів на величину, більшу, товщини спеченого шару торфу.

7. За результатами експериментальних досліджень встановлено, що навіть при достатній концентрації кисню, яка забезпечувалася в умовах досліду, концентрація шкідливих речовин у повітрі безпосередньо над зоною горіння, на висоті 1 м, перевищує значення ГДК CO, NO₂, SO₂ у 355, 130, 260 разів відповідно, а при розповсюдженні диму у повітрі на площу, у 8 разів більшу площі горіння, на висоті 4 м концентрація цих речовин перевищує значення ГДК у 10, 4 та 8 разів відповідно, що необхідно враховувати під час локалізації та гасінні пожеж, а також ліквідації їх наслідків.

8. Розроблено метод прогнозування поширення пожежі та забрудненості навколишнього середовища токсичними продуктами неповного згорання торфу, який допоможе правильно вибрати диспозицію сил та засобів пожежних підрозділів.

9. За результатами теоретичних та експериментальних досліджень

розроблено методику створення протипожежних перешкод для заповнення протипожежних розривів на торф'яниках шириною від 180 до 300 мм з 10 % водно-глиняної суспензії на основі бентонітової глини або річкового піску з $M_k \leq 1,48$.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Публікації в наукових фахових виданнях

1. Мигаленко К.І. Дослідження продуктів згорання зразків торфу Ірдинського родовища Черкаської області / К.І. Мигаленко, Є.І. Єлагін, Є.С. Ленартович // Вісник Черкаського Державного Технологічного Університету. – Черкаси: 2008. – № 2. – С. 134-137.

2. Мигаленко К.І. Залежність процесу горіння та поширення підземних пожеж на торф'яниках від фізико-хімічних властивостей торфу / К.І. Мигаленко, Є.С. Ленартович, Є.О. Тищенко // Пожежна безпека: Збірник наукових праць. – Львів: ЛДУБЖД. – 2008. – №12. – С. 80-84.

3. Мигаленко К.І. Дослідження процесу горіння торфу / К.І. Мигаленко, Є.С. Ленартович, Є.О. Тищенко // Збірник наукових праць: «Пожежна безпека: теорія і практика». – Черкаси: АПБ ім. Героїв Чорнобиля, 2009. – №3. – С. 65-69.

4. Мигаленко К.І. Поширення підземної пожежі на торф'яниках р. Тясмин / К.І. Мигаленко, М. М. Семерак, Є.С. Ленартович, О.І. Мигаленко // Пожежна безпека: Зб. наук. праць. – Львів: ЛДУБЖД, 2010. – №17. – С.138-143.

5. Мигаленко К.І. Проблеми розповсюдження пожеж на торф'яниках в літній період / К.І. Мигаленко, Є.С. Ленартович, М. М. Семерак // Пожежна безпека: Збірник наукових праць. – Львів: ЛДУБЖД, 2011. – №18. – С.107-113.

6. Мигаленко К.І. Математичне моделювання та дослідження величини теплового потоку факела пожежі / М. М. Семерак, А. М. Домінік, К. І. Мигаленко, Д. В. Руденко / Вісник ЛДУБЖД: Збірник наукових праць. – Львів: ЛДУБЖД, 2013. – №7, С. 225-230.

7. Мигаленко К. И. Прогноз распространения подземного пожара на торфяниках Черкаской области / К. И. Мигаленко // Вестник Кокшетауского технического института Комитета по чрезвычайным ситуациям МВД Республики Казахстан. – Кокшетау: КТИ МЧС РК, 2014. – № 4(16). – С. 54-60.

8. Мигаленко К.І. Пожежна безпека технологічного процесу сушіння і зберігання торфу / К.І. Мигаленко, М.Р. Михайлишин, І.Л. Ущапівський // Пожежна безпека: теорія і практика: Збірник наукових праць. – Черкаси: ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля, 2014. – №18. – С.84-88.

Публікації апробаційного характеру

9. Мигаленко К.І. Причина поширення підземної пожежі на торф'яниках / К.І. Мигаленко, Є.С. Ленартович // Природничі науки та їх застосування в діяльності служби цивільного захисту. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції. – Черкаси, ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля, 12-13 травня 2006. – С.106-109.

10. Мигаленко К.І. Пожежа на торф'яниках – загроза навколишньому

середовищу / К.І. Мигаленко, Є.С. Ленартович // Всеукраїнська екологічна ліга. Мат. III обл. мол. науково-практичної конференції. – Черкаси, ЧДТУ, 2007. – С.105-106.

11. Мигаленко К.І. Визначення складових змогу під час горіння торфу / К.І. Мигаленко, Є.С. Ленартович // Пожежна безпека – 2007. Мат. міжнар. наук.-практ. конференції АПБ ім. Героїв Чорнобиля, 15-16 листопада. – Черкаси, 2007. – С. 260-261.

12. Мигаленко К.І. Вплив пожеж на торф'яниках на екологічний стан довкілля / К.І. Мигаленко, М.В. Савіна, Є.С. Ленартович // Міжнародна науково-практична конференція ад'юнктів, курсантів та студентів: «Пожежна безпека та охорона праці». АПБ ім. Героїв Чорнобиля – Черкаси, 14 травня 2008. – С. 90-93.

13. Мигаленко К.І. Теорія розвитку підземної пожежі на торф'яниках / К.І. Мигаленко, Є.С. Ленартович, Є.О. Тищенко // Міжнародна науково-практична конференція «Техногенна безпека. Теорія, практика, інновації.» – Львів, 2008. – С. 240-243.

14. Мигаленко К.І. Пожежі на торф'яниках / К.І. Мигаленко, М. М. Семерак, Є.С. Ленартович // Міжнародна науково-практична конференція «Техногенна безпека. Теорія, практика, інновації.» – Львів, 2008. – С. 255-258.

15. Мигаленко К.І. Зв'язок пожеж на торф'яниках з екологією навколишнього середовища / К.І. Мигаленко, Є.С. Ленартович // I Міжнародна науково-практична конференція «Пожежна безпека. Теорія і практика». – Черкаси. 7 жовтня 2011. – С. 181-182.

16. Мигаленко К.І. Загрязненность окружающей среды при пожарах на торфяниках / К.И. Мигаленко, Е.С. Ленартович // Международная научно-практическая конференция «Чрезвычайные ситуации: теория, практика, инновации». Часть 1. – Гомель, 24-25 мая 2012. – С. 201-202.

17. Мигаленко К.І. Пожежно-профілактичні заходи проти поширення пожеж на торфовищах / К.І. Мигаленко, О.Ф. Марков // II Міжнародна науково-практична конференція «Пожежна безпека. Теорія і практика». – Черкаси, 12 жовтня 2012. – С. 8-11.

18. Мигаленко К.І. Організація управління силами та засобами цивільного захисту при гасінні лісових пожеж в гірській місцевості Карпатського регіону / К.І. Мигаленко, Я.Й. Лопушанський, В.В. Чернецький // II Міжнародна науково-практична конференція «Пожежна безпека. Теорія і практика». – Черкаси, 12 жовтня 2012. – С. 138-140.

19. Мигаленко К.І. Класифікація лісових пожеж / К.І. Мигаленко, Є.О. Тищенко // III Міжнародна науково-практична конференція «Пожежна безпека. Теорія і практика». – Черкаси, 4-5 жовтня 2013. – С. 25-27.

20. Мигаленко К.І. Огляд моделювання пожеж на торф'яниках / К.І. Мигаленко, Д.В. Колесников // III Міжнародна науково-практична конференція «Пожежна безпека. Теорія і практика». – Черкаси, 4-5 жовтня 2013. – С. 246-247.

21. Мигаленко К.І. Протипожежні заходи на підприємстві видобутку торфу / К.І. Мигаленко // IV Міжнародна науково-практична конференція «Пожежна безпека. Теорія і практика». – Черкаси, 9-10 жовтня 2014. – С. 146-148.

АНОТАЦІЯ

Мигаленко К.І. Особливості розвитку пожеж на торф'яниках та торфорозробках. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.02 – пожежна безпека. – Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, м. Львів, 2015.

Дисертація присвячена розкриттю особливостей впливу теплофізичних параметрів торфу, технологічних параметрів торфорозробок і фізико-хімічних процесів горіння на розвиток пожеж на торф'яниках та торфорозробках, як наукове підґрунтя підвищення ефективності забезпечення пожежної безпеки зазначених об'єктів. Об'єктом дослідження були процеси виникнення та розвитку пожеж на торф'яниках і торфорозробках, а предметом досліджень – вплив теплофізичних параметрів торфу, технологічних параметрів торфорозробок і фізико-хімічних процесів горіння на розвиток пожеж на торф'яниках і торфорозробках.

Проведення теоретичних досліджень базувалось на основі розв'язків нестационарних диференціальних рівнянь теплопровідності із застосуванням методу інтегральних перетворень Лапласа, законів теплового випромінювання. Експериментальні дослідження проводились за стандартними методиками регламентованими ГОСТ.

За результатами математичного моделювання розвитку пожежі виявлено, що проміжок часу до моменту самозаймання на поверхнях сусідніх штабелів торфу за однакової відстані між ними та однакового теплового впливу залежить від його геометричної форми і знаходиться у діапазоні від 240 до 930 с.

Встановлено, що напівсферичний торфовий штабель при пожежі на сусідньому має одну локальну зону нагріву до температури самозаймання, а при пожежі на двох сусідніх штабелях – має три такі зони.

При математичному моделюванні процесів розвитку пожеж було одержано параболічну залежність тривалості вогнеперешкоджальної здатності τ , год запропонованих для обмеження розвитку пожеж на торф'яниках вогневих перешкод з мінеральних матеріалів від їх ширини b , мм.

Результати теоретичних та експериментальних досліджень реалізовано у розроблених рекомендаціях щодо прогнозування масштабів пожеж для використання у практичній діяльності під час локалізації та ліквідації пожеж на таких об'єктах. Запропоноване застосування річкового піску або 10 % суспензії бентонітової глини для перешкоджання поширення як наземного, так і підземного горіння торфоластів створює передумови для підвищення ефективності системи запобігання пожеж та її профілактики на зазначених об'єктах.

Ключові слова: забезпечення пожежної безпеки, торф'яники, торфорозробки, вогнеперешкоджальна здатність, штабелі, процеси розвитку пожежі, бентонітова глина, річковий пісок.

АННОТАЦИЯ

Мигаленко К.И. Особенности развития пожаров на торфяниках и торфоразработках. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 21.06.02 – пожарная безопасность. – Львовский государственный университет безопасности жизнедеятельности, г. Львов, 2015.

Диссертация посвящена раскрытию особенностей влияния теплофизических параметров торфа, технологических параметров торфоразработок и физико-химических процессов горения на развитие пожаров на торфяниках и торфоразработках как научной основы повышения эффективности пожарной безопасности указанных объектов. Объектом исследования были процессы возникновения и развития пожаров на торфяниках и торфоразработках, а предметом исследований – влияние теплофизических параметров торфа, технологических параметров торфоразработок и физико-химических процессов горения на возникновения и развитие пожаров на таких объектах.

По результатам математического моделирования развития пожара выявлено, что промежуток времени к моменту самовозгорания на поверхностях соседних штабелей торфа при одинаковом расстоянии между ними и одинаковое теплового влияния зависит от его геометрической формы и находится в диапазоне от 240 до 930 с.

Установлено, что полусферический торфяной штабель при пожаре на соседнем имеет одну локальную зону нагрева до температуры самовозгорания, а при пожаре на двух соседних штабелях – имеет три такие зоны.

С применением математического моделирования процессов развития пожаров была выявлена параболическая зависимость продолжительности огнепреграждающей способности τ , τ_0 предложенных для ограничения развития пожаров на торфяниках огневых препятствий из минеральных материалов от их ширины b , мм.

По результатам математического моделирования тепловых процессов горения штабелей торфа, выявлены закономерности достижения температуры самовозгорания на их поверхностях в зависимости от геометрической конфигурации штабеля и динамики развития пожара на соседних штабелях.

Во время пожара на торфяниках нет полного згорания, а при горении образцов с какой-либо глубины залегания пласта токсичность дыма будет выше токсичности дыма других пожаров на открытом пространстве, что установлено по результатам экспериментов, проведенных в газодымокамере ЧИПБ им. Героев Чернобыля. Даже при достаточном объеме кислорода, в условиях опыта, концентрация вредных веществ непосредственно над зоной горения превышает значение ПДК CO, NO₂, SO₂ в воздухе рабочей зоны в 355, 130, 260 раз соответственно.

Результаты теоретических и экспериментальных исследований по раскрытию особенностей развития пожаров на торфяниках и торфоразработках реализовано в разработанных рекомендациях относительно прогнозирования масштабов пожаров для использования в практической деятельности во время локализации и ликвидации пожаров на таких объектах.

Разработанная методика проектирования противопожарных препятствий учитывает время необходимое для защиты данного участка торфа на основании которой установлено, что наиболее эффективным негорючим материалом для заполнения противопожарных разрывов на торфяниках есть 10 % водно-глиняная суспензия на основе бентонитовой глины. Предложенное применение речного песка или 10 % суспензии бентонитовой глины для препятствия распространения как наземного, так и подземного горения торфопластов, создает предпосылки для повышения эффективности системы предотвращения пожаров, а также их профилактики на указанных объектах.

Результаты исследований применяются в учебных процессах Черкасского института пожарной безопасности им. Героев Чернобыля НУЦЗ Украины и Львовского государственного университета безопасности жизнедеятельности во время преподавания дисциплин «Пожарная тактика» и «Теория развития и прекращение горения», о чем есть соответствующие акты, а также для обеспечения пожарной безопасности на торфяниках в Черкасской области, что тоже подтверждено актом внедрения.

Ключевые слова: обеспечение пожарной безопасности, торфяники, торфоразработки, огнепреграждающая способность, процессы развития пожара, бентонитовая глина, речной песок.

ABSTRACT

Migalenko K.I. Peculiarities of fire processes on peat bogs and peateries. – The manuscript.

Dissertation for the degree of candidate of technical sciences, speciality 21.06.02 – fire safety. – Lviv State University of Vital Activiti Safety, Lviv, 2015.

The thesis is devoted to disclosure the special features of development of peat thermo-physical factors, technological factors of peateries and physico-chemical burning processes on peat bogs and peateries as a scientific basis for improving the effectiveness of fire safety of these objects. The research object is the process of appearance and development of fires on the peat bogs and peateries, the research subject is the influence of peat thermos-physical factors, and physico-chemical burning processes on the fire development on the peat bogs and peateries.

The theoretical researches are based on the solution of unstationary differential calculus of heat conductivity using Laplace`s method of integral transformation and heat radiation laws. Experimental researches were conducted on the standard method regulated by GOST.

The results of mathematical modeling of fire processes showed that the time from the moment of self bursting on neighboring pile peat surfaces with the same distance and heat influence between them depends on their geometrical form and lays in range from 240 to 930 seconds.

It is stated that semi spherical peat pile in case of fire appearance on the neighboring one has one local heating zone up to the self bursting temperature, and in case of the fires on both neighboring piles has 3 identical zones.

As a result of mathematical modeling of fire processes, parabolic dependency of fireproof capacity duration τ , hours, proposed for fire localization on the peat bogs, and fire barriers made of mineral substances upon their breadth b , millimeters was found.

The results of theoretical and practical researches to disclose special features of fire processes on peat bogs and peateries are implemented in developed recommendations for predicting the extent of fires for use in practice during fire localization and liquidation on such objects. The proposed use of river sand or 10 % bentonite clay slurry for preventing the spread of both ground and underground combustion of peat stratum creates the preconditions for increasing the effectiveness of fire prevention system and prophylactic measures in above stated places.

Keywords: fire safety, peat bogs, peateries, fire preventive capacity, piles, fire development processes, bentonite clay, river sand.

Підписано до друку 27.04.2015 р.
Друк різнограф.
Наклад 100 прим.

Формат 60x80/16
Ум. друк. арк. 0,9
Зам. № 04/2015