

УДК 614.84

Мигаленко К.І., Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля  
Національного університету цивільного захисту України,  
Михайлишин М.Р., Ущипівський І.Л.,  
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

## ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СУШННЯ І ЗБЕРІГАННЯ ТОРФУ

Проаналізована пожежна безпека технологічного процесу сушіння і зберігання торфу, визначені основні небезпечні фактори, що впливають на інтенсивність пожеж, розроблена математична модель визначення теплових потоків полум'я пожежі, які падають на сусідні штабелі та навколишні будівлі. Досліджено величину температури на поверхні штабелів зумовлену тепловими потоками.

**Ключові слова:** торф'яні поля, штабелі торфу, пожежна безпека, теплові потоки пожежі, кутові коефіцієнти випромінювання.

В період енергетичної кризи перспективним напрямком є використання торфу в якості палива. В Україні загальна площа торфовищ і земель із торфовим ґрунтом, включаючи деградовані торфовища, становить 0,9 млн. га [1].

У Львівській області площа торфополів складає 5443 га. Існує дві основні схеми видобутку торфу: порівняно тонкими шарами з поверхні землі й глибокими кар'єрами на всю глибину торф'яного шару. Відповідно першій із цих схем торф витягають, вирізуючи верхній шар, відповідно другій – екскаваторним (або кусковим) способом. Відповідно й торф по способу видобутку розділяють на відрізний (фрезерний) і кусковий. Видобування торфу здійснювалось екскаваторним та фрезерним способами. В залежності від кількості видобутого торфу – площі поділені на виробничі ділянки (400-500 га), які знаходяться на незначній відстані від населених пунктів та лісових масивів.

Торфовиробництво є пожежо- та вибухонебезпечним. Основним джерелом вибухонебезпеки при роботі брикетного заводу є торфовий пил, а пожежної небезпеки – зберігання в штабелях.

Відповідно до аналізу загорянь, які траплялися в попередні роки ймовірність виникнення пожеж в лісгосподарствах та на торфовищах на території області свідчать про те, що їх кількість та загальна площа пов'язані з кліматичними та погодними умовами. Відсутність опадів та суха жарка погода сприяють виникненню пожеж та розповсюдженню їх на значні площі, а найімовірнішими що до їх виникнення є площі близькі до населених пунктів.

Гасіння пожеж найбільш ефективно, якщо на самому початку створені штучні рубежі, які зупиняють їх розвиток по всіх напрямках.

Задачі з підвищення протипожежної стійкості вирішують комплексно при проектуванні, в ході будівництва і експлуатації торф'яних підприємств.

Для підвищення протипожежної стійкості торфопідприємств при їх проектуванні і їх будівництві територію полів ділять на окремі ділянки-квартали влаштовуючи між ними протипожежні розриви, забезпечують поля вузькоколійними дорогами, проїздами для тракторів та машин, а також проходам для успішної евакуації людей і обладнання з небезпечних зон.

Площі полів добування торфу які становлять 600-800 га і більше необхідно розділяти протипожежними розривами на ділянках, які не перевищують 200 га. Такі ділянки значно обмежують розповсюдження пожежі. Досвід боротьби з пожежами підтвердив необхідність подібного розділення полів добування торфу.

Між окремими ділянками, полями сушки торфу і прилеглими до них лісовими масивами, або не використовуваними ділянками торф'яних родовищ передбачаються протипожежні розриви 75-100 м. Розриви між полями добування фрезерного торфу і селищами досягають 300 м. Протипожежні розриви очищають від рослинності, по

внутрішньому краю розриву копають канали. На протипожежних розривах обладнують, для тракторів та машин, вузькоколіїні дороги або проїзди, які можна використовувати для доставки протипожежного обладнання.

В спекотні літні дні протипожежні розриви на торфополях періодично зволожуються. Для цього заглиблюють один з валових каналів і роблять з більшим, ніж звичайно поперечним перерізом. Цей канал повинен бути постійно заповнений водою для зволоження торфу та гасіння пожежі. Без виконання заходів з протипожежної стійкості приймати торф'яні поля в експлуатацію забороняється.

Для попередження самозаймання фрезерного торфу штабелі ізолюють від проникнення в них повітря. Найчастіше для цього використовують сирий фрезерний дрібняк, який наносять на поверхню штабелів. Розрівнювання дрібняку по поверхні штабеля і його ущільнення виконують штабелювальними машинами.

В тепліший час розробляють нові, більш дешеві і ефективні способи ізоляції штабелів. Так наприклад, розроблені два варіанти тонкошарового ізоляційного покриття штабелів, яке складається з двох шарів. При першому варіанті внутрішній шар, який накладається безпосередньо на поверхню штабеля, виготовляють із сирого торфу (товщина шару після висихання 4-9 мм). Зовнішній шар, виконаний з бітумних матеріалів, накладають на внутрішній після його підсихання протягом 8-10 діб. При другому варіанті, ізоляційний шар становить 7 см, складається з інтенсивного переробленого вологого торфу вологістю 82-89 %. Такий шар повністю повітронепроникний. Для попередження від висихання і збереження захисних властивостей ізоляційний шар покривають фрезерним дрібняком вологістю 74-81 %, товщиною 5 см.

Для своєчасного вжиття заходів проти самозаймання фрезерного торфу необхідно контролювати його температуру. Згідно з діючою інструкцією, вимірювання температури в штабелях починають не пізніше ніж через 10 діб від початку робіт зі складування торфу і продовжують до завершення ізоляційних робіт. Виконують також контрольні заміри температури і перевіряють справність ізоляції штабелів добування минулих років, які залишилися на зберіганні. Температуру в штабелях вимірюють вмонтованим термометром або спеціальними термовизначниками.

Всім відомо, що пожежу набагато легше попередити ніж гасити. Профілактика торф'яних пожеж передбачає в першу чергу своєчасне виявлення пожежі наземною лісовою охороною (охороною підприємства) за допомогою пожежно-спостережних вишок. Кожна ділянка лісової чи торфової території повинна проглядатися не менше ніж з двох а краще з трьох вишок, щоб якомога точніше і скоріше визначити місце пожежі.

Бажано щоб комплекс заходів і дій, які направленні на попередження, локалізацію і ліквідацію пожежі проводились силами і засобами наземної державної лісової охорони, працівниками торфопідприємств, особовим складом підрозділів ДСНС та авіацією ДСНС України [2].

Для прийняття правильного рішення по гасінню пожежі на торфопідприємстві проводиться розвідка, яка встановлює напрямок і швидкість розповсюдження фронту і флангів пожежі, наявність загрози об'єктам, польовим гаражам, селам та штабелям торфу. Визначаються перешкоди, які можна використовувати для локалізації пожежі, ступінь загрози переходу вогню в прилеглі лісні масиви та сільськогосподарські угіддя.

Таким чином, на першій стадії гасіння пожежі потрібно створити перешкоди її розповсюдженню, шляхом видалення або зволоження сухого торфу по периметру горючої площі. На другій стадії необхідно вжити заходів для усунення горіння торфу на поверхні штабелів і полів.

Якщо встановлена небезпека поширення пожежі в сторону селища, штабелів торфу, складів горючих рідин та інших важливих ділянок, тоді керівництво штабу підсилює дільниці, які працюють на цьому напрямку, технікою засобами пожежогасіння і працівниками. При збільшенні швидкості розповсюдження задимлення на вирішальному напрямку, при дуже сильному вітрі керівництво штабу, для запобігання нещасних випадків з людьми, може тимчасово, до зменшення швидкості вітру з підвітряної сторони, перевести техніку і людей на один із флангів.

Гасіння палаючого торфу на поверхні полів і в штабелях є складним процесом. Тому на гасіння повинні направлятися пожежні підрозділи торфопідприємств і всі технічні засоби, які є з залученням працівників.

Гасіння палаючих штабелів фрезерного торфу здійснюється водяними струменями і розчинами змочувачів. В середньому на один штабель при роботі двох стволів "Б" затрачається біля 6 годин. Це пояснюється тим, що торф'яний дрібняк дуже погано змочується водою. Значна частина води не проникає в глибину штабелів, а скочується до його підшви і розмиває його. Тому для промивання штабелів торфу найбільш доцільно застосовувати стволи "А" або лафетні стволи, що сприяє більш ефективній і швидкій обробці штабеля протягом 4 годин.

Процес горіння штабелів торфу супроводжується щільним задимленням території торфополів, а також прилеглих лісових масивів та селищ. Для запобігання втрати орієнтації і оточення вогнем, задалегідь позначаються і виділяються суходільні ділянки, валові канали та інші безпечні місця куди при виникненні загрози слід відводити людей і техніку [3].

Теплообмін між факелом пожежі і навколишніми предметами та механізмами здійснюється завдяки теплопровідності, конвекції та випромінювання. Із збільшенням температури факела, випромінювання збільшується, оскільки зростає його внутрішня енергія. Залежність інтенсивності випромінювання від температура значно більша, ніж від теплопровідності і конвекції. При високих температурах (500 °C і більше) поширення тепла променевим теплообміном є переважаючим порівняно з конвекцією і теплообміном. Випромінювальні характеристики факела полум'я та його структура залежать від складу горючого матеріалу [4].

**Постановка задачі.** Під час горіння штабеля торфу виділяється велика кількість тепла, значна частина якого передається до навколишніх штабелів та будівель. Величина теплового потоку залежить від температури полум'я, його форми і площі, віддалі до тіл, що нагріваються, кутових коефіцієнтів випромінювання та ступеня чорноти полум'я і тіл. Тому визначення і дослідження величини теплового потоку, що нагріває сусідні штабелі, і дослідження динаміки їх нагріву є актуальною задачею.

**Виклад основного матеріалу.** 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 вверх паралельно до сусіднього штабеля то цей потік визначається за формулою [5].

$$\varepsilon_1 = 0.93, \quad (1)$$

де  $\varepsilon_1$  – зведений ступінь чорноти системи полум'я-штабель;  $\varepsilon_2$  – ступінь чорноти поверхні сусіднього штабеля;  $\varepsilon_2 = 0.7$  – ступінь чорноти поверхні штабеля, що горить;  $\varphi_{2-1}$  - 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].

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

де:  $A = \frac{a}{r}$ ,  $B = \frac{b}{r}$ .

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

$$\varphi_{2-1}^* = \frac{1}{2\pi} \cdot \left[ \frac{A}{\sqrt{1+A^2}} \cdot \arctg\left(\frac{B}{\sqrt{1+A^2}}\right) + \frac{B}{\sqrt{1+B^2}} \cdot \arctg\left(\frac{A}{\sqrt{1+B^2}}\right) \right] \quad (3)$$

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:

$$\varphi_{2-1}^{**} = \frac{1}{2\pi} \cdot \left[ \arctg\left(\frac{b}{r}\right) - \frac{\frac{r}{b}}{\sqrt{\left(\frac{a}{b}\right)^2 + \left(\frac{r}{b}\right)^2}} \cdot \arctg\left(\frac{1}{\sqrt{\left(\frac{a}{b}\right)^2 + \left(\frac{r}{b}\right)^2}}\right) \right] \quad (4)$$

За формулами (2)-(4) проведені розрахунки кутових коефіцієнтів в залежності від  $r$ , при  $a=2$  м,  $b=3$  м. Розрахунки представлені графічно на рисунку 1.

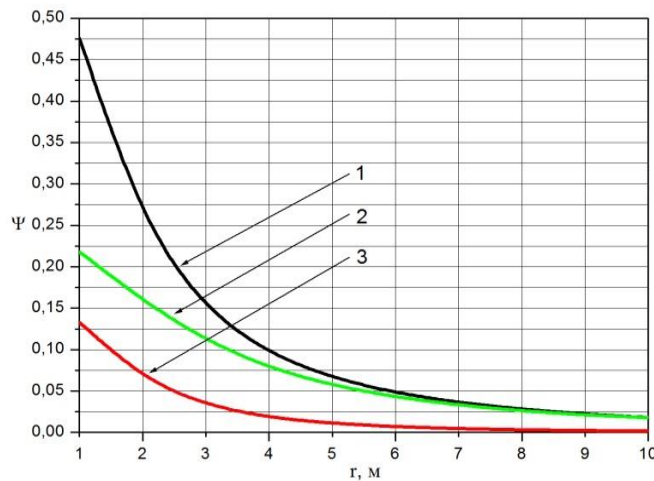


Рисунок 1 – Залежність величини кутового коефіцієнту від віддалі  $r$  між штабелем та площиною полум'я.

За формулою (1) 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 рисунку 2.

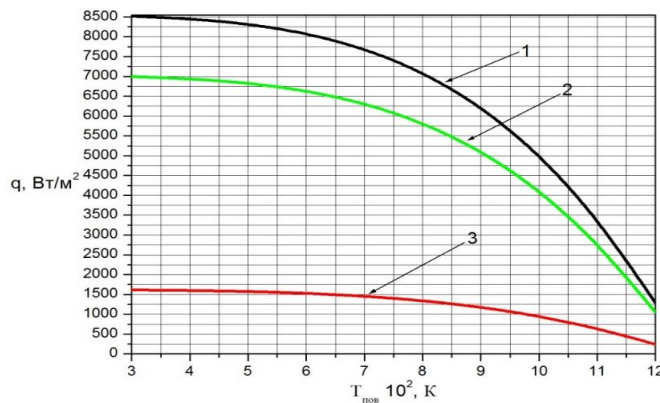


Рисунок 2 – Розподіл теплового потоку при зміні температури на поверхні штабеля де: 1 - тепловий потік при  $\varphi_{2-1}^*$ ; 2 - тепловий потік при  $\varphi_{2-1}^*$ ; 3 - тепловий потік при  $\varphi_{2-1}^{**}$

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

$$t(\tau, x) = \frac{q}{\lambda} \cdot \int_x^{\infty} \operatorname{erfc} \left( \frac{x}{2\sqrt{a\tau}} \right) dx \quad (5)$$

де  $\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності, Вт/м·К;  $a$  – коефіцієнт температуропровідності ;

$\tau$  – час, с;  $\operatorname{erfc} x =$  . За формулою (5) проведені розрахунки температури на боковій поверхні штабеля ( $x=0$ ) при  $r=4$  м. Результати представлені графічно на рисунку 3.

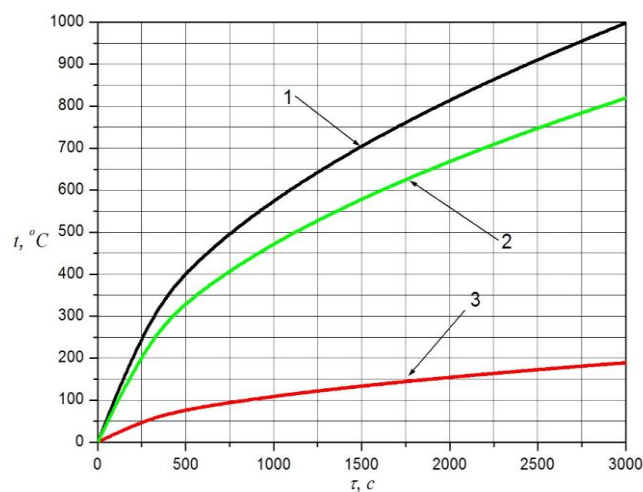


Рисунок 3 – Зміна температури на поверхні штабеля з плином часу де: 1 - температура на поверхні штабеля при  $\varphi_{2-1}$ ; 2 - температура на поверхні штабеля при  $\varphi_{2-1}^*$ ; 3 - температура на поверхні штабеля при  $\varphi_2^{**} - 1$ .

З аналізу рисунку видно, що величина температури залежить від кутових коефіцієнтів та величини часу. Якщо торф нагріється до критичної температури він загориться.

**Висновки.** Для підвищення пожежної безпеки на торфополях необхідно вибрати оптимальні розриви між штабелями та навколишніми спорудами.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2011 році. - Київ, В-во ЛДУБЖД. 2012. – с.359
2. Мигаленко К.І. Проблеми розповсюдження пожеж на торф'яниках в літній період / Ленартович Є.С. / Пожежна безпека. Збірник наукових праць – Львів: ЛДУБЖД, 2011, - №18 – С.107-113.
3. Ушапівський І.Л. Гасіння пожеж лісових та торф'яних пожеж у Львівській області / І.Л. Ушапівський, В.Б. Грицай, С.І. Пехник // Пожежна безпека. Збірник наукових праць – Львів: ЛДУБЖД, 2005, - №6 – С.35-42.
4. Романенко П.Н. Теплопередача в пожарном деле. / Романенко П.Н., Бубырь Н.Ф., Башкирцев М.П. М.: ВШ МВД СССР, 1969. – 425 с.
5. Блох А.Г. Основы теплообмена излучением Госэнегиздат, 1962. – 487 с.
6. Р.Зигель, Дж. Хауелл. Теплообмен излучением. Мир, М.: АН СССР, 1975. - 936 с.