

3. Березский О.Н. Топологические методы и алгоритмы преобразования контуров и областей плоских изображений / О.Н. Березский // Проблемы управления и информатики. – 2010. – № 5. – С. 123-131.

4. Березький О.М. Методи та алгоритми перетворення контурів зображень в афінному просторі / О.М. Березький // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". – Сер.: Комп'ютерні науки та інформаційні технології. – Львів : Вид-во НУ "Львівська політехніка". – 2009. – № 638. – С. 185-189.

5. Косневски Ч. Начальный курс алгебраической топологии / Ч. Косневски. – М. : Изд-во "Мир", 1983. – 304 с.

6. Березький О.М. Алгоритм проходження контуром об'єкта з використанням зворотного ходу / О.М. Березький, Ю.М. Батько // Штучний інтелект. – 2009. – № 3. – С. 116-122.

Березский О.Н. Преобразование цитологических изображений с заданной погрешностью

Проведен анализ цитологических изображений, которые входят в состав биомедицинских изображений. Выделены характерные признаки цитологических изображений. Показано, что для анализа биомедицинских изображений используют системы автоматизированной микроскопии. Разработан обобщенный алгоритм преобразования изображений. Он базируется на предложенных алгоритмах преобразования контуров и областей изображений.

Разработанные алгоритмы программно реализованы в среде Borland Delphi 7.0. Проведены компьютерные эксперименты для определения погрешности преобразования изображений на примере цитологических изображений раковых клеток молочной железы.

Ключевые слова: раковые клетки, преобразования, биомедицинские изображения, цитологические изображения, погрешность, контур, область.

Berezsky O.N. Cytological image transformation with a predefined error

This article analyzes the cytological images that are part of the biomedical image. Characteristic cytologic features of image are explored. For the analysis of biomedical image the automated microscopy systems are used. The integrated algorithm for transformation image is developed. It is based on the proposed algorithms for image regions and contours transformation.

The developed algorithms are implemented with Borland Delphi 7.0 IDE. Computer experiments for image transformation error estimation are conducted on the basis of cytological image of breast cancer cells.

Keywords: cancer cells, transformation, biomedical image, cytological image, error, contour, region.

УДК [004.451]:621.7.01

Ст. викл. *О.О. Смотр; проф. Ю.І. Грицюк, д-р техн. наук; Н.Я. Коваль* – Львівський ДУ БЖД

СТРАТЕГІЧНА МЕТА ТА ТАКТИЧНІ ЗАВДАННЯ ПОЖЕЖНО-РЯТУВАЛЬНИХ ПІДРОЗДІЛІВ ПРИ ЛІКВІДАЦІЇ ЛІСОВОЇ ПОЖЕЖІ

Проаналізовано основні стратегії пожежогасіння та визначено тактичні завдання, які вирішуються пожежно-рятувальними підрозділами (ПРП) при ліквідації лісової пожежі. Встановлено, що основна мета оптимальної стратегії ліквідації лісової пожежі полягає у якнайшвидшій її локалізації та реалізації активних дій ПРП при подальшому гасінні суцільних і поодиноких джерел вогню з найменшими сумарними матеріальними і екологічними збитками за умови обмежених можливостей залучених до цього сил і засобів пожежогасіння.

Ключові слова: лісова пожежа, прогнозування контура крайки поширення вогню, стратегія ліквідації лісової пожежі, тактика пожежогасіння, математичне моделювання.

Вступ. Лісові пожежі є потужним природним і антропогенним чинником, що істотно змінює процес функціонування та подальший стан лісів, для відновлення яких потрібно декілька десятків років плідної праці [3]. Пожежі наносять значні збитки екології, економіці, а часто виявляються під загрозою і людські життя [28]. Причинами виникнення лісової пожежі можуть бути природні явища – грозові розряди і блискавки, але найчастіше винні самі люди, починаючи від не погашених багать після відпочинку і завершуючи сільськогосподарським випалюванням стерні [10].

У практиці пожежогасіння неминучі ситуації, коли необхідно прогнозувати динаміку контура лісової пожежі та її наслідки [2, 6, 9, 11, 14-18, 23, 24, 30, 32]. Найбільше значення тут мають результати прогнозування динаміки крайки вогню для низових пожеж, оскільки вони становлять більше 80 % всіх лісових пожеж, а верхові здебільшого розвиваються тільки після них. Потреба такого прогнозування полягає в тому, що при розробленні оптимальної стратегії управління процесом ліквідації лісової пожежі слід передбачити і врахувати небезпечні тенденції її подальшого розвитку, а також потенційні загрози населеним пунктам і охоронним об'єктам [2, 24, 30, 33, 34].

Достовірні прогнози поширення лісової пожежі та її наслідків на певній території за різних погодних умов [14-18] потрібні для вибору оптимальних шляхів доставки сил і засобів пожежогасіння до джерела її виникнення. Ефективне управління стратегічними і тактичними діями пожежно-рятувальних підрозділів (ПРП) при гасінні лісових пожеж на великих територіях [1, 4, 5] дає змогу скоротити тривалість її локалізації, забезпечити швидку ліквідацію і, як наслідок, зменшити розміри матеріальних збитків, втрати лісових масивів і витрати на їх гасіння [19, 20].

Отже, основна мета цієї роботи полягає у встановленні оптимальної стратегії пожежогасіння та визначенні тактичних завдання пожежно-рятувальних підрозділів при ліквідації лісової пожежі. Для реалізації мети роботи необхідно вирішити такі основні завдання: з'ясувати основні стратегії ліквідації лісової пожежі, вибрати серед них найоптимальніші; проаналізувати тактичні завдання ПРП при ліквідації лісової пожежі, виявити основні особливості їх реалізації; розробити математичну модель процесу ліквідації лісової пожежі, яка б враховувала вибрані стратегії та прийняті тактики ліквідації лісової пожежі.

1. Стратегії ліквідації лісової пожежі

Успішна реалізація стратегії ліквідації лісової пожежі складається з якісного виконання поточних дій окремими ПРП [7, 29, 31, 34]: отримання повідомлення про виникнення пожежі; вчасний виїзд і безперешкодне слідування ПРП до джерела пожежі; результативна розвідка і вдале тактичне розгортання сил і засобів; локалізація крайки вогню; ліквідація процесу горіння; догашування залишків джерел вогню усередині області пожежі; організація охорони периметра пожежі; згортання ПРП і повернення їх на місце дислокації. Часто для ліквідації лісових пожеж залучають також сили і засоби лісових і сільськогосподарських підприємств, технічні засоби дорожніх і різних будівельних організацій, місцевого населення і т.д. [25, 26, 35].

Основна мета оптимальної стратегії ліквідації лісової пожежі [34] полягає у якнайшвидшій її локалізації (ΣT^l) та реалізації активних дій ПРП при подальшому гасінні суцільних і поодиноких джерел вогню (ΣT^r) з найменшими сумарними матеріальними (ΣZ^m) і екологічними (ΣZ^e) збитками за умови обмежених можливостей залучених до цього сил і засобів пожежогасіння. У цьому випадку потрібно мінімізувати такі функції мети

$$\begin{aligned} T &= \Sigma T^l + \Sigma T^r \rightarrow \min; \\ C &= \Sigma Z^m + \Sigma Z^e \rightarrow \min \end{aligned} \quad (1)$$

при таких обмеженнях

$$\sum_{j=1}^m ПРП_j^n \leq ПРП^n \rightarrow \sum_{k=1}^n ЗПГ_k^n \leq ЗПГ^n, \quad (2)$$

де: $ПРП^n$ – наявна кількість ПРП; $ПРП_j^n$ – запланована кількість ПРП, які будуть виконувати j -те тактичне завдання; $ЗПГ^n$ – наявна кількість засобів пожежогасіння; $ЗПГ_k^n$ – запланована кількість засобів пожежогасіння, які будуть залучені для виконання роботи k -го типу.

Досягнення мети стратегії пожежогасіння забезпечується насамперед силами пожежної охорони (відділенням, караулом), оперативними засобами пожежогасіння (індивідуальними і груповими), до яких належать: пожежні автомобілі (основні та спеціальні), пожежне устаткування та оснащення, підручні засоби і вогнегасні речовини [7, 20]. Організація процесу локалізації крайки вогню вимагає використання й інших допоміжних технічних засобів: бульдозерів, ґрунтометів, фрезерних смугопрокладачів, плугів, запалювальних апаратів, шпурових зарядів і т.д. [34].

Немаловажне значення в процесі ліквідації лісової пожежі має продуктивність роботи ПРП, особливо в початковій стадії її розвитку [31, 35]. Проте, окрім професійної підготовки особового складу, їхнього фізичного стану і оснащення, продуктивність роботи пожежного багату в чому залежить від природних і погодних умов – характеру лісової рослинності, рельєфу місцевості, стану погоди, сила вітру й інші змінні чинники.

Врахування рельєфу місцевості та метеорологічних умов у зоні лісової пожежі [14-17], поєднання великої кількості ПРП та різних їх тактичних характеристик, що залучаються до процесу її гасіння, і засобів, які визначаються організаційно-технічними параметрами антропогенних дій на пожежу (порядку введення ПРП, задавання напрямку їх руху, вибору способів і прийомів пожежогасіння і т.д.), призводять до ліквідації лісової пожежі у терміни, набагато пізніші від встановлених, з різними значеннями вигорілої площі, тривалості її ліквідації та понесеного збитку від неї. Ці та багато інших не зовсім сприятливих чинників роблять досягнення мети стратегії ліквідації лісової пожежі неоднозначною [35]. Понад це, за умов дефіциту сил і засобів пожежогасіння, а також низької кваліфікації чи відсутності досвіду керівного персоналу ПРП, дії яких часто призводять до нераціональної організації процесу ліквідації лісової пожежі, здебільшого досягнення мети стратегії пожежогасіння може виявитися зовсім неможливою [5].

2. Тактичні завдання пожежно-рятувальних підрозділів при ліквідації лісової пожежі

Для успішної реалізації вибраної стратегії пожежогасіння необхідно своєчасно зосередити сили і засоби на концептуальних ділянках лісової пожежі, вибрати вирішальні напрями реалізації тактичних завдань, виконати активні наступальні дії ПРП з врахуванням різних тактик пожежогасіння [12, 13, 22, 27, 34]. При цьому керівник гасіння лісової пожежі для досягнення стратегічної мети часто проводить перегрупування відповідних сил і засобів залежно від оперативної обстановки, формуючи тимчасово ланки, бригади чи групи [13] і визначає набір засобів для кожної з них відповідно до поставлених перед ними тактичних завдань [22]. Загалом за чисельністю та оснащенням такі формування не завжди збігаються з відділенням або караулом, тому кожен з ПРП характеризується своїми тактичними можливостями. Ці можливості виражаються таким інтегральним показником як продуктивність процесу локалізації/гасіння лісової пожежі, тобто, це не що інше, як обсяг загашеної ділянки лісу за одиницю часу.

При гасінні лісової пожежі ефективність праці пожежного також залежить від його психологічного стану [27]. Напруженість виконуваних робіт, задимленість території, висока температура й інші чинники сприяють зниженню позитивних емоцій, а отже, і працездатності особового складу. Зниження працездатності настає через 3,0-3,5 год, а при великих навантаженнях – через 2,0-2,5 год виконуваних робіт щодо ліквідації пожежі. Зміна режиму роботи, короткочасний відпочинок, підміна утомлених і упевнені дії керівника гасіння лісової пожежі відновлюють психологічний стан і працездатність особового складу. Тому керівник повинен діяти упевнено, ставити реальні завдання та передбачати результат виконання прийнятих рішень.

Загалом локалізація лісової пожежі здійснюється на відстані, не менше 50 м від її крайки вогню, яку надалі називатимемо зоною безпечної локалізації [33, 34]. Через відсутність безпосередньої взаємодії сил і засобів пожежогасіння з вогнем, локалізація є дещо безпечнішим методом ліквідації лісової пожежі, ніж гасіння крайки вогню, але призводить до збільшення її площі [21]. Трудовитрати на проведення локалізації низько- і середньо-інтенсивного процесу горіння лісового матеріалу, як правило, набагато більші за трудовитрати, пов'язані з гасінням крайки вогню. Тому проведення локалізації виправдане тільки в разі високої інтенсивності тепловиділення пожежі на крайці вогню та (або) значної задимленості території, що утрудняє або зовсім унеможливає безпосереднє гасіння крайки вогню, а також при обмежених можливостях залучених до цього сил і засобів пожежогасіння. Вочевидь, організація процесу локалізації крайки вогню можлива тільки за наявності достатнього обсягу технічних засобів локалізації [20].

Безпосереднє гасіння крайки вогню приводить до значно меншої площі лісової пожежі, але можливе тільки за умови низької задимленості та за наявності достатнього обсягу засобів пожежогасіння. При цьому продуктивність роботи ПРП має забезпечувати процес гасіння крайки вогню зі швидкістю дещо більшою, ніж швидкість її поширення, яка безпосередньо залежить від інтенсивності процесу горіння, тобто тепловиділення [4, 12].

Як при локалізації, так і при гасінні крайки вогню ПРП мають максимально використовувати наявні в зоні пожежі природні та штучні протипожежні бар'єри: водоймища, кам'яністі та перезволожені ділянки території, лісові дороги, мінералізовані смуги і т.д. При виконанні тактичних завдань рух ПРП потрібно здійснювати від початку опорних рубежів [19].

Тактичні ПРП, які здійснюють гасіння крайки вогню лісової пожежі, рухаються уздовж динамічної її межі (із зовнішнього її боку) безпосередньо поблизу неї, або на відстані, не більшій дальності вильоту струменя води із пожежних стволів. Водночас, тактичні ПРП, які здійснюють локалізацію крайки вогню, під час створення штучного протипожежного бар'єру, в основному рухаються уздовж динамічної її межі на п'ятдесятиметровій відстані від неї. Призупинивши рух крайки вогню, тактичні ПРП приступають до подальшого догашування джерел вогню всередині згарища [28].

3. Математична модель процесу ліквідації лісової пожежі

Переміщаючись уздовж динамічної крайки вогню зі швидкістю (продуктивністю), яка визначається тактичними можливостями ПРП, можна прокласти маршрут, протяжність якого визначає часові витрати сил і засобів на локалізацію/гасіння лісової пожежі, а також витрати вогнегасної речовини і локально при використанні основної автомобільної техніки і допоміжних технічних засобів, в т.ч. запалювальних апаратів, шпурових зарядів і т.д. [4, 8, 33, 34].

Введемо такі позначення:

- $M^{нф}$ – кількість пожежних формувань (зокрема, ПРП), які планується залучити для ліквідації лісової пожежі;
- $\tilde{V}^n = \{\tilde{V}_i^n = \{v_{ij}^n = f(r_j^m, h_j^p, \gamma_j^{мг}), j = \overline{1, N^n}\}, i = \overline{1, M^{нф}}\}$ – швидкість переміщення i -го ПРП при локалізації крайки вогню на j -ій ділянці лісу, м/год;
- $\tilde{V}^z = \{\tilde{V}_i^z = \{v_{ij}^z = f(r_j^m, h_j^p, \gamma_j^{мг}), j = \overline{1, N^z}\}, i = \overline{1, M^{нф}}\}$ – швидкість переміщення i -го ПРП при гасінні крайки вогню на j -ій ділянці лісу, м/год;
- $\tilde{V}^м = \{\tilde{V}_i^м = \{v_{ij}^м = f(r_j^m, h_j^p), j = \overline{1, N^м}\}, i = \overline{1, M^{нф}}\}$ – швидкість переміщення i -го ПРП через j -ту ділянку лісу, яка не горить (маршовий рух), м/год;
- $N^{дл}$ – кількість ділянок лісу, на які поділено контур області ліквідації лісової пожежі;
- $\tilde{R}^м = \{r_j^м = f(g, p, \dots), j = \overline{1, N^{дл}}\}$ – характерні особливості j -ої ділянки лісу, через яку рухається фронт вогню (g – властивості ґрунту, p – рельєф місцевості, тощо);
- $\tilde{\gamma}^{мг} = \{\gamma_j^{мг} = f(q, p, \dots), j = \overline{1, N^{дл}}\}$ – інтенсивність процесу горіння (тепловиділення) на j -ій ділянці лісу, через яку рухається фронт вогню (q – тип рослинного покриву, p – рельєф місцевості, тощо);
- $\tilde{H}^p = \{h_j^p = f(p, \dots), j = \overline{1, N^{дл}}\}$ – напряму руху ПРП на j -ій ділянці лісу (p – рельєф місцевості, тощо).

Загалом кожен ПРП може функціонувати в двох режимах – робочому та маршовому [34]. Робочий рух, тобто продуктивний режим роботи, передбачає виконання тактичного завдання, внаслідок чого i -ий ПРП переміщається з так званою швидкістю процесу локалізації v_{ij}^z або гасіння v_{ij}^z крайки вогню через j -

ту ділянку лісу. Маршовий рух i -го ПРП здійснюється з максимально можливою швидкістю $v_{ij}^м$ переміщення у таких випадках [11]: а) при русі до джерела лісової пожежі та від згарища після її локалізації; б) при русі між ділянками лісу, не охоплених вогнем, уздовж зовнішнього боку крайки вогню; в) при русі між розривами крайки вогню уздовж контура області пожежі (рис. 1).

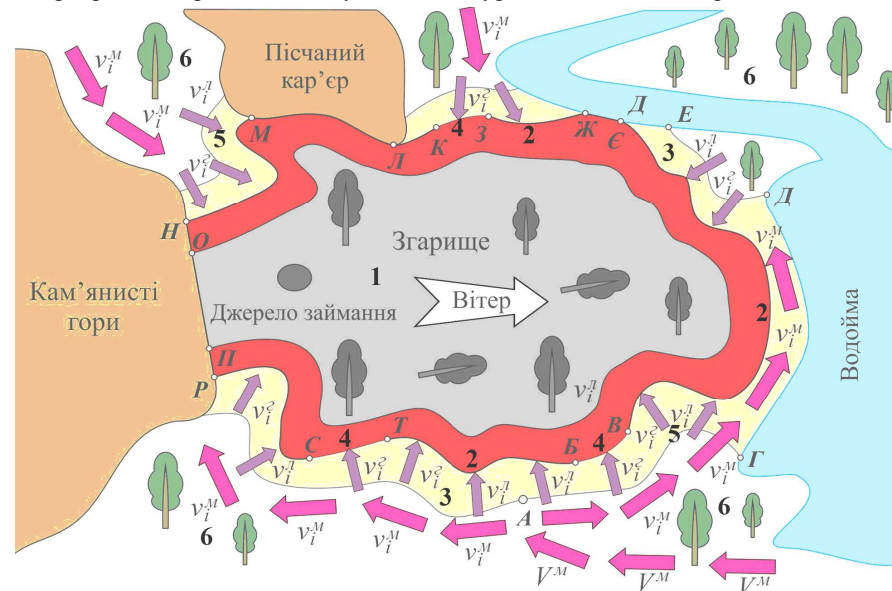


Рис. 1. Схема ліквідації лісової пожежі: 1) область пожежі; 2) крайка вогню; 3) зона безпечної локалізації; 4) розрив крайки вогню; 5) локалізаційна смуга; 6) не уражені ділянки лісової пожежею

Маршова швидкість ($v_{ij}^м$) переміщення i -го ПРП неоднорідним рельєфом місцевості як і швидкість процесу локалізації/гасіння (v_{ij}^z або v_{ij}^z) крайки вогню залежать від характерних особливостей j -ої ділянки лісу ($r_j^м$), через яку рухається фронт вогню, напряму руху ПРП (h_j^p) та інтенсивності процесу горіння (тепловиділення) ($\gamma_j^{мг}$), тобто є диференціальними характеристиками.

Оскільки поширення лісової пожежі відбувається здебільшого за умов малопрхідної та не прхідної місцевості, за наявності різноманітної лісової рослинності, а також за відсутності прямої видимості між ПРП і обмеженого огляду крайки вогню, то процес ліквідації лісової пожежі може вважатися завершеним тільки при повному охопленні контура області пожежі маршрутами переміщення ПРП [11, 17].

Часто процес ліквідації лісової пожежі ускладнюється наявністю широких ділянок місцевості, непрхідних для сил і засобів пожежогасіння, – водоймищ, заболоченої місцевості, ділянок лісу з підвищеною щільністю деревостою та ін., які потрібно інтерпретувати як заборонені області для переміщення

ПРП. Також аналогічними областями для усіх видів переміщення (маршового руху чи при гасінні крайки вогню) є динамічний контур області пожежі, а при локалізації крайки вогню – ще й динамічна зона безпеки. Конфігурації заборонених областей переміщення є індивідуальними для кожного ПРП, тобто залежать від тактичних завдань, які вони мають виконати, та засобів пожежогасіння, якими вони оснащені [34].

Наявність різноманітного рельєфу місцевості, а також з міркувань безпеки особового складу ПРП роблять неможливим їх рух у певних напрямках, на озашенні яких знаходиться основна автомобільна техніка та допоміжні технічні засоби. Врахування цих і багатьох інших чинників призводить до диференціації напрямів руху ПРП залежно від місця їх розташування та тактико-технічних характеристик засобів пожежогасіння, наявних у їх розпорядженні [20, 34].

Введемо такі позначення:

- $\tilde{L}^a = \{l_j^a, j = \overline{1, N^a}\}$ – протяжність j -ої ділянки лісу, на якій потрібно ПРП здійснювати локалізацію крайки вогню, м;
- $\tilde{L}^c = \{l_j^c, j = \overline{1, N^c}\}$ – протяжність j -ої ділянки лісу, на якій потрібно ПРП здійснювати гасіння крайки вогню, м;
- $\tilde{L}^m = \{l_j^m, j = \overline{1, N^m}\}$ – протяжність j -ої ділянки лісу, яка не горить, через яку мають перейти ПРП для виконання тактичних завдань, м;
- $\tilde{L}^o = \{l_j^o, j = \overline{1, N^o}\}$ – протяжність j -ого протипожежного бар'єру, вздовж якого мають перейти ПРП для виконання тактичних завдань, м;
- $\tilde{L}^p = \{l_j^p, j = \overline{1, N^p}\}$ – протяжність j -ого розриву крайки вогню, вздовж якого мають перейти ПРП для виконання тактичних завдань, м.

З врахуванням наведених позначень вважатимемо, що i -ий ПРП, відповідно до його тактичного завдання та можливостей засобів пожежогасіння, має переміщатися j -им маршрутом (l_j^a або l_j^c), здійснюючи локалізацію або гасіння крайки вогню, або рухаючись j -ою ділянкою лісу (l_j^m), яка не горить.

Тактичні дії ПРП при ліквідації лісової пожежі передбачають її повне оточення локалізаційними штучними чи природними протипожежними бар'єрами, або здійснити гасіння усієї крайки вогню з урахуванням наявних розривів, або реалізувати комбінацію цих двох способів [14-16]. Протяжність бар'єрів і розривів можна об'єднати і надалі позначити як l_i^{op} . Штучні локалізаційні бар'єри, які часто доводиться створювати ПРП, з причини їх малої ширини за відношенням до довжини, можна вважати лінійними. Маршрути переміщення ПРП при гасінні крайки вогню також є деякими кривими. Прокладання маршрутів переміщення ПРП вздовж цих кривих здійснюється диференційовано, позаяк продуктивність роботи кожного ПРП є різною.

На рис. 1 ці ділянки області ліквідації лісової пожежі схематично зображено кривими, відповідна сумарна довжина яких становить: ΣL^a ; ΣL^c ; ΣL^m ; ΣL^{op} . Внаслідок цього загальна протяжність L^II контура області ліквідації лісової пожежі визначатиметься як сума усіх перерахованих кривих, а саме:

$$L^{II} = \Sigma L^a + \Sigma L^c + \Sigma L^m + \Sigma L^{op} = \sum_{j=1}^{N^a} l_j^a + \sum_{j=1}^{N^c} l_j^c + \sum_{j=1}^{N^m} l_j^m + \sum_{j=1}^{N^{op}} l_j^{op}. \quad (3)$$

Відповідно, ділянки лісу протяжністю l_j^m , які не горять, i -ий ПРП проходять із швидкістю $v_{ij}^m()$, крайки вогню при їх локалізації протяжністю l_j^a – зі швидкістю $v_{ij}^a()$, крайки вогню при їх гасінні протяжністю l_j^c – із швидкістю $v_{ij}^c()$, а бар'єри та розриви протяжністю l_j^{op} – зі швидкістю $v_{ij}^{op}()$.

З врахуванням введених вище позначень, отримаємо такі функціональні залежності для визначення тривалості певних процесів ліквідації лісової пожежі відповідними ПРП:

- тривалість процесу локалізації крайки вогню i -им ПРП, год

$$\tilde{T}^a = \left\{ t_i^a = \sum_{j=1}^{N^a} \frac{l_j^a}{v_{ij}^a(r_j^a, h_j^a, \gamma_j^a)}, i = \overline{1, M^{n\phi}} \right\}; \quad (4)$$

- тривалість процесу гасіння крайки вогню i -им ПРП, год

$$\tilde{T}^c = \left\{ t_i^c = \sum_{j=1}^{N^c} \frac{l_j^c}{v_{ij}^c(r_j^c, h_j^c, \gamma_j^c)}, i = \overline{1, M^{n\phi}} \right\}; \quad (5)$$

- тривалість переміщення i -ого ПРП ділянками лісу, які не горять, год

$$\tilde{T}^m = \left\{ t_i^m = \sum_{j=1}^{N^m} \frac{l_j^m}{v_{ij}^m(r_j^m, h_j^m)}, i = \overline{1, M^{n\phi}} \right\}; \quad (6)$$

- тривалість переміщення i -ого ПРП вздовж протипожежних бар'єрів і між розривами крайки вогню, год

$$\tilde{T}^{op} = \left\{ t_i^{op} = \sum_{j=1}^{N^{op}} \frac{l_j^{op}}{v_{ij}^{op}(r_j^m, h_j^p)}, i = \overline{1, M^{n\phi}} \right\}. \quad (7)$$

Розрахунок кількості ПРП при ліквідації лісової пожежі залежить від допустимої тривалості їхньої роботи, тобто ефективного фонду робочого часу. Як було зазначено вище, окрім професійної підготовки особового складу, їхнього фізичного стану і озашення, їхня тривалість роботи багато в чому залежить від характеру лісової рослинності (r^m), рельєфу місцевості (h^p), стану погодних умов ($w^B(\tau)$) і сили вітру ($q^B(\tau)$), які є функціями від часу й інших змінних чинників, тобто є диференціальними характеристиками:

$$\tilde{\Phi}^{n\phi} = \{\phi_i^{n\phi} = f(r^m, h^p, w^B(\tau), q^B(\tau), \dots), i = \overline{1, M^{n\phi}}\}. \quad (8)$$

Отож, з урахуванням введених вище позначень, отримаємо таку функціональну залежність для визначення кількості ПРП, які братимуть участь у ліквідації лісової пожежі:

$$\tilde{K}^{n\phi} = \left\{ k_i^{n\phi} = \frac{t_i^a + t_i^c + t_i^m + t_i^{op}}{\phi_i^{n\phi}}, i = \overline{1, M^{n\phi}} \right\}; \quad (9)$$

Розрахунок обсягу матеріальних витрат при прокладанні штучних бар'єрів і при переміщенні різних ПРП тими чи іншими маршрутами приводить

до встановлення опосередкованого (ΣZ^o) збитку від лісової пожежі за умови знаходження їх точної довжини:

$$\Sigma Z^o = f(\Sigma L^a; \Sigma L^b; \Sigma L^m; \Sigma L^{bp}). \quad (10)$$

Площа області лісової пожежі ($\Sigma \Omega^{III}$) та вартість знижених і пошкоджених насаджень (ΣB^{III}) на ній визначають прямий збиток (ΣZ^II) від неї, сумарний обсяг якого залежить від конфігурації контура площі пожежі, межею якої якраз і є маршрути переміщення ПРП, тобто

$$\Sigma Z^II = f(\Sigma \Omega^{III}; \Sigma B^{III}). \quad (11)$$

Тоді сукупний збиток від лісової пожежі (Z^{Σ}) визначатиметься сумою прямого та опосередкованого збитків, а саме

$$Z^{\Sigma} = \Sigma Z^II + \Sigma Z^o, \quad (12)$$

і залежатиме від точного встановлення видів виконуваних робіт тим чи іншим пожежним формуванням, а також протяжністю маршрутів переміщення ПРП при виконанні ними тактичних завдань, пов'язаних з процесами локалізації та гасіння лісової пожежі.

Наповнення функціональних залежностей відповідними математичними виразами вимагає побудови відповідних алгоритмів пожежогасіння та вибору адекватних методів їх реалізації. Наявність цих залежностей є необхідною умовою побудови розглянутої вище математичної моделі ліквідації лісової пожежі, вибору оптимальної стратегії та тактики її ліквідації, а також встановлення оптимальної кількості сил і засобів пожежогасіння, що свідчатиме про ефективність реалізації вибраної мети оптимальної стратегії пожежогасіння (1).

Висновки:

1. З'ясовано, що достовірні прогнози поширення лісової пожежі на певній території за різних погодних умов потрібні для вибору оптимальних шляхів доставки сил і засобів пожежогасіння, що дає змогу скоротити тривалість її локалізації, забезпечити швидку ліквідацію і, як наслідок, зменшити розміри матеріальних збитків, втрати лісових масивів і витрати на їх гасіння.

2. Встановлено, що основна мета оптимальної стратегії ліквідації лісової пожежі полягає у якнайшвидшій її локалізації та реалізації активних дій ПРП при подальшому гасінні суцільних і поодиноких джерел вогню з найменшими сумарними матеріальними і екологічними збитками за умови обмежених можливостей залучених до цього сил і засобів пожежогасіння.

3. Виявлено, що успішна реалізація вибраної стратегії ліквідації лісової пожежі базується на своєчасному зосередженні сил і засобів пожежогасіння на концептуальних ділянках крайки вогню, виборі вирішального напрямку реалізації тактичних завдань, виконанні активних наступальних дій ПРП з врахуванням різних тактик пожежогасіння. При цьому часто доводиться перегруповувати відповідні сили і засоби пожежогасіння залежно від оперативної обстановки, формувати тимчасові ланки, бригади чи групи і визначати набір засобів для кожної з них відповідно до поставлених перед ними тактичних завдань.

4. Розроблено математичну модель процесу ліквідації лісової пожежі, яка враховує вибрані стратегії та прийняті тактики її ліквідації, а також наявність різноманітної лісової рослинності, існування малопрхідної та не прхідної місцевості, а також відсутність прямої видимості між ПРП і обмежений огляд крайки вогню через задимленість. Усе це призводить до того, що процес ліквідації лісової пожежі може вважатися завершеним тільки при повному охопленні контура області лісової пожежі маршрутами переміщення ПРП.

Література

1. Абдурагимов И.М. Проблема тушения крупных лесных пожаров (и крупномасштабных пожаров твердых горючих материалов в зданиях) / И.М. Абдурагимов // Пожарное дело. [Электронный ресурс]. – Доступный с http://www.pozhdelo.ru/index.php?option=com_content&view=article&id
2. Абрамов Ю.А. Вероятностная модель распространения и тушения лесного пожара / Ю.А. Абрамов, А.Е. Басманов, А.А. Тарасенко // Проблемы пожарной безопасности. – Харьков : Изд-во "Фолио". – 2003. – Вып. 13. – С. 3-11.
3. Арцыбашев Е.С. Лесные пожары и борьба с ними / Е.С. Арцыбашев // Сборник научных трудов. – М. : Изд-во "Лесн. пром-сть", 1974. – 119 с.
4. Болібрех Б.В. Рекомендації щодо гасіння лісових та торф'яних пожеж / Б.В. Болібрех, Р.В. Пархоменко. – К. : Вид-во ЛДУ БЖД, 2007. – 53 с.
5. Валендик Э.Н. Борьба с крупными лесными пожарами / Э.Н. Валендик. – Новосибирск : Изд-во "Наука", СО АН СССР, 1990. – 193 с.
6. Васильев С.В. Компьютерные системы прогнозирования контуров выгорания при лесных пожарах / С.В. Васильев, Л.Н. Куценко // Пожарная безопасность : VI науч.-практ. конф. – Харьков : Изд-во АПБУ, 2003. – С. 69-71.
7. Говаленков С.В. Анализ применения сил и средств при тушении лесных пожаров / С.В. Говаленков, А.Н. Дыгало, Л.А. Тимофеева // Проблемы пожарной безопасности. – Харьков : Изд-во "Фолио". – 2000. – Спец. выпуск. – С. 61-64.
8. Гришин А.М. Математические модели лесных пожаров и новые способы борьбы с ними / А.М. Гришин. – Новосибирск : Изд-во "Наука" (СО РАН), 1992. – 408 с.
9. Доррер Г.А. Динамика лесных пожаров / Г.А. Доррер. – Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2008. – 404 с.
10. Ефименко В. М. Лесная пирология: практическое пособие / В.М. Ефименко. – Гомель : УО ГГУ им. Ф. Скорини, 2009. – 92 с.
11. Калиновский А.Я. Влияние формы и размеров очага загорания на контур ландшафтного пожара / А.Я. Калиновский, А.П. Созник // Проблемы пожарной безопасности. – 2004. – Спец. вып. – С. 25-34.
12. Кимстач Н.Ф. Пожарная тактика / Н.Ф. Кимстач, П.П. Девлишев, Н.М. Евтюшкин. – М. : Стройиздат, 1984. – 590 с.
13. Клюс П.П. Пожежна тактика : підручник / П.П. Клюс, В.Г. Палюх, А.С. Пустовой, Ю.М. Сенчихін, В.В. Сировой. – Харків : Вид-во "Основа", 1998. – 592 с.
14. Комяк В.А. Геометрическое моделирование в прогнозах динамики развития лесного пожара / В.А. Комяк, Н.Я. Откидач, С.А. Шило // Проблемы пожарной безопасности. – Харьков : Изд-во ХИПБ. – 1999. – Вып. 5. – С. 124-127.
15. Комяк В.А. Геометрическое моделирование в прогнозах динамики развития лесного пожара для неоднородного слоя / В.А. Комяк, Р.Л. Покровский // Проблемы пожарной безопасности. – Харьков : АО "Фолио". – 2001. – Вып. 10. – С. 77-80.
16. Комяк В.А. Геометрическое моделирование динамики лесного пожара при нестабильных параметрах ветра / В.А. Комяк, Р.Л. Покровский // Сучасні проблеми геометричного моделювання : зб. праць Міжнар. наук.-практ. конф. – Харків : Вид-во ХДАТ та ОХ. – 2001. – С. 138-140.
17. Комяк В.А. Моделирование динамики развития лесного пожара с учетом ветрового воздействия / В.А. Комяк, А.Г. Коссе, Н.Я. Откидач, С.А. Шило // Проблемы пожарной безопасности. – Харьков : Изд-во ХИПБ. – 1999. – Вып. 5. – С. 115-123.
18. Корнеев Д.Г. Математическое моделирование развития лесного пожара / Д.Г. Корнеев // Электронное моделирование. – 1999. – Вип. 21, № 3. – С. 84-94.

19. Кривошпыков С.Ф. Оценка необходимого количества сил и средств пожаротушения для оперативной локализации ландшафтного пожара // Проблемы пожарной безопасности. – 2008. – Вып. 24. – С. 98-104.

20. Кузик А.Д. Эффективность использования лесовых пожарных автомобилей / А.Д. Кузик, В.В. Попович // Пожарная безопасность : сб. науч. пр. – Львів : Вид-во ЛДУ БЖД, УкрНДІПБ МНС України. – 2010. – № 16. – С. 18-24.

21. Курбатский Н.П. Причина изменения интенсивности лесных пожаров в течение суток / Н.П. Курбатский // Лесное хозяйство. – 1960. – № 4. – С. 31-33.

22. Курбатский Н.П. Техника и тактика тушения лесных пожаров / Н.П. Курбатский. – М. : Изд-во "Гослесбумиздат", 1962. – 154 с.

23. Куценко Л.М. Геометричне моделювання контуру вигорання лісової ділянки / Л.М. Куценко, О.М. Сивальнов // Прикладна геометрія та інженерна графіка. – К. : Вид-во КДТУБА. – 1997. – Вип. 61. – С. 27-30.

24. Куценко Л.Н. Прогнозирование контура выгорания растительного материала по результатам сканирования местности / Л.Н. Куценко, Н.Н. Кулешов // Пожарная безопасность. – Черкаси : Вид-во ЧПБ МВС України. – 1999. – С. 11-15.

25. Офіційна сторінка National Interagency Fire Center (США). [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://www.nifc.gov>

26. Офіційна сторінка МНС України. [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://www.mns.gov.ua/content>

27. Повзик Я.С. Пожарная тактика / Я.С. Повзик. – М. : ЗАО Спецтехника. 1999. – 416 с.

28. Правила пожарной безопасности в лесах Украины // Наказ Держлісгоспу України № 278 від 27.12.2004 р.

29. Рихтер И.Э. Лесная пирология с основами радиэкологии : учебн. пособие / И.Э. Рихтер. – Мн. : Изд-во БГТУ, 1996. – 290 с.

30. Ромін А.В. Передбачення кромки вигорання рослинного матеріалу з урахуванням фактору вітру // Проблемы пожарной безопасности. – Харьков : Изд-во "Фолио". – 2000. – Вып. 7. – С. 177-179.

31. Свириденко В.Є. Лісова пірологія / В.Є. Свириденко, О.Г. Бабіч, А.Й. Швиденко. – К. : Агрпромовидав України, 1999. – 172 с.

32. Созник А.П. Геометрическая модель движения кромки низового лесного пожара / А.П. Созник // Проблемы пожарной безопасности. – Харьков : Изд-во АПБУ. – 2002. – Вып. 11. – С. 188-191.

33. Созник А.П. Флуктуации ветра и скорость распространения низового лесного пожара / А.П. Созник, А.Я. Калиновский // Моделирование лесовых пожаров : тезисы доп. науч.-практ. конф. – Харьков : Вид-во АПБУ, 2003. – С. 6-9.

34. Тарасенко А.А. Развитие научных основ ликвидации наземных ландшафтных пожаров : дисс. ... д-ра техн. наук : спец. 21.06.02 "Пожарная безопасность" / Александр Андреевич Тарасенко; НУ гражданской защиты Украины. – Харьков, 2010. – 473 с.

35. Терещенко В.В. Противопожарная защита и тушение пожаров (леса, торфа, лесосклады) / В.В. Терещенко, Н.С. Артемьев, В.А. Грачев, О.Ю. Сабинин. – М., 2006. – Кн. 6. – 294 с.

Смотр О.А., Грыцук Ю.И., Коваль Н.Я. Стратегическая цель и тактические задачи пожарно-спасательных подразделений при ликвидации лесного пожара

Проанализированы основные стратегии пожаротушения и определены тактические задачи, решаемые пожарно-спасательными подразделениями (ПРП) при ликвидации лесного пожара. Установлено, что основная цель оптимальной стратегии ликвидации лесного пожара заключается в скорейшей ее локализации и реализации активных действий ПРП при дальнейшем тушении сплошных и отдельных источников огня с наименьшими суммарными материальными и экологическим ущербом при ограниченных возможностях задействованных в этом сил и средств пожаротушения.

Ключевые слова: лесной пожар, прогнозирования контура кромки распространения огня, стратегия ликвидации лесного пожара, тактика пожаротушения, математическое моделирование.

Smotr O.A., Grytsyuk Yu.I., Koval N.Ya. Strategic goals and tactical objectives of fire and rescue units in liquidation forest fire

Analyzes the main strategies identified fire and tactical problems to be solved by fire and rescue units (FRU) for the elimination of a forest fire. It is established that the main purpose of the optimal strategies for the elimination of forest fire is early to diagnose and implement proactive FRU in further suppression of solid and separate sources of fire with the smallest sum of material and environmental damage with the limited opportunities involved in this effort and fire fighting equipment.

Keywords: forest fires, forecasting contour edges of fire spread, strategy for the elimination of a forest fire, fire fighting tactics, mathematic modelling.

УДК 539.3

Ст. викл. Н.О. Гембара – Українська академія друкарства

РОЗПОДІЛ ТЕМПЕРАТУРИ В КОРПУСІ АВТОКЛАВА ІЗ ВНУТРІШНІМ ДВОШАРОВИМ ЗАХИСНИМ ПОКРИТТЯМ

Запропоновано розрахункову модель для визначення розподілу температури в оболонках з багатошаровими односторонніми покриттями, за якою задача теплопровідності для системи оболонка-покриття зводиться до визначення температурного поля в оболонці з узагальненими умовами теплообміну із зовнішніми середовищами на її верхніх. На основі представленої моделі отримано розв'язок нестационарної задачі теплопровідності для напівобмеженої циліндричної оболонки з одностороннім багатошаровим покриттям. Встановлено вплив двошарового покриття на температурне поле в циліндричному корпусі промислового автоклава. Показано, що нехтування покриттям веде до істотно завищеної оцінки температури.

У хімічних і нафтохімічних виробництвах (аміаку, метанолу, синтетичних жирних спиртів, під час перероблення нафтопродуктів та інше) широко застосовують посудини високого тиску. Велика корозійна активність внутрішнього середовища зумовлює використання захисних покриттів. У товстостінних елементах посудин тиску за підвищених температур внутрішнього середовища виникають значні температурні перепади. Це зумовлює появу високих температурних напружень, які не можна не враховувати при оцінці напруженого стану таких деталей [1].

Розглянемо корпус промислового автоклава у формі циліндричної оболонки товщиною $2h_0$ в ортогональній системі координат $\alpha_0, \beta_0, \gamma_0$. На поверхню $\gamma_0 = h_0$ оболонки нанесено багатошарове покриття з різними товщинами $2h_1, 2h_2, \dots, 2h_n$ і теплофізичними характеристиками. Кожний шар покриття вважаємо тонкою оболонкою.

Задача теплопровідності для оболонки і шарів покриття зводиться до розв'язання системи диференціальних рівнянь:

$$p_i^2 t_i + \frac{\partial^2 t_i}{\partial \gamma^2} = 0, \tag{1}$$

де: $p_i^2 = \Delta_i - \frac{1}{a_i} \frac{\partial}{\partial \tau}$; Δ_i – оператор Лапласа в ортогональних координатах (α, β) ; $a_i = \lambda_i / c_i$ – коефіцієнт температуропровідності, c_i – теплоємність, λ_i – коефіцієнти теплопровідності оболонки і шарів покриття, τ – час, $i = 0, 1, 2, \dots, n$.