

УДК 504 064

В.М. КОБРІН, В.Л. КЛЕЄВСЬКА

Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ»

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ З ПРОГНОЗУВАННЯ ЗНАЧЕНЬ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ЗОНИ МОЖЛИВОГО УРАЖЕННЯ ЙМОВІРНОЇ ПОЖЕЖІ В ПРИРОДНІЙ ЕКОЛОГІЧНІЙ СИСТЕМІ ВНАСЛІДОК ВПЛИВУ ТЕПЛООВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

Запропоновано оригінальні моделі процесів у зоні можливого ураження ймовірних пожеж в природних екологічних системах внаслідок впливу їх «теплового випромінювання». Зокрема, пропонуються досить коректні моделі процесів формування основних параметрів зон горіння ймовірних пожеж у природних екологічних системах (при відсутності і при наявності вітру), моделі щодо завчасного визначення і наочного відображення можливих форми, геометричних розмірів і просторового розташування охопленої вогнем поверхні «запасів» рослинних горючих матеріалів досліджуваної ділянки природних екологічних систем, а також значень висоти і температури «об'єданого факела» полум'я таких пожеж, моделі процесів формування основних параметрів зон можливого ураження «тепловим випромінюванням» цих пожеж, моделі щодо завчасного визначення і наочного відображення можливих форми, геометричних розмірів і просторового розташування зовнішньої межі горизонтальної проекції цих зон та ін. Зазначені моделі можуть стати основою для розробки інформаційної технології з прогнозування значень основних параметрів зони можливого ураження «тепловим випромінюванням».

Ключові слова: пожежа, теплове випромінювання, зона можливого ураження, природна екологічна система, інформаційна технологія.

Вступ

В Україні та й у інших державах внаслідок численних щорічних пожеж у природних екологічних системах (ПЕС) гинуть люди (тварини, рослини), знищуються тисячі гектарів лісу, степу, хлібних масивів, суттєво погіршується стан навколишнього природного середовища (НПС). Такі негативні наслідки пожеж у ПЕС пояснюються, чи не в першу чергу, суттєвим запізненням введення в дію основних сил угруповання пожежних підрозділів (УПП), кількісний і якісний склад сил, засобів і ресурсів (СЗіР) якого був би достатнім для своєчасної локалізації такої пожежі та ефективної її ліквідації.

1. Формулювання проблеми

Указане запізнення спричинюється відсутністю у керівництва пожежних частин і підрозділів (на момент виникнення конкретної пожежі в ПЕС) інформації, конче потрібної для своєчасного створення і направлення на місце цієї пожежі адекватного їй за СЗіР УПП. Зокрема, відсутня інформація щодо можливих форми, геометричних розмірів, просторового розташування (ФГРіПрР) та інших параметрів зони можливого ураження ймовірної

пожежі ($ЗМУ_{\text{тепл.йм.пож.ПЕС}}$) внаслідок впливу її теплового випромінювання. Така інформація необхідна для завчасного визначення потрібної кількості (за видами, типами і моделями) основних і спеціальних пожежних машин та позицій їхнього бойового розгортання, потрібної кількості рятувальників, номенклатури їхнього оснащення. В наш час цю інформацію здобувають [1, 2] проведенням пожежної розвідки в процесі локалізації та гасіння конкретної пожежі, що призводить до ще більшого запізнення введення в дію необхідних СЗіР, а, отже, і до зростання людських і матеріальних втрат.

Але таку інформацію можна здобути завчасно шляхом прогнозування можливих екологічних і соціально-економічних наслідків ймовірних пожеж у ПЕС. Тому розробка інформаційної технології прогнозування основних параметрів зони можливого ураження ймовірної пожежі в ПЕС внаслідок впливу її теплового випромінювання є ще не вирішеною і дуже актуальною задачею.

2. Вирішення проблеми

Зоною можливого ураження ймовірної пожежі в ПЕС – $ЗМУ_{\text{тепл.йм.пож.ПЕС}}$ є частина навколишнього природного середовища навколо зони горіння цієї

пожежі ($Z\Gamma_{\text{йм.пож.ПЕС}}$), в межах якої внаслідок впливу її уражального чинника (УЧП) «теплове випромінювання» можуть загинути чи отримати тяжкі опіки люди (тварини, рослини) або здобути термічні пошкодження і, навіть, загорітися інші природні і штучні об'єкти.

Основними елементами $Z\text{МУ}_{\text{тепл.йм.пож.ПЕС}}$ є відображені на рис. 1, а (при швидкості вітру $-V_{\text{в}}=0$) і рис. 1, б (при швидкості вітру $-V_{\text{в}}>0$): зона горіння такої пожежі (у складі охопленої вогнем частини «запасів» рослинних горючих матеріалів (РГМ) досліджуваної ділянки ПЕС (позиція 1), центра займання – ЦЗ (позиція 2), підфакельного простору (позиція 3) і «об'єднаного факела» полум'я пожежі (позиція 4)); висхідна гілка «димових газів» (позиція 5); низхідні гілки ЗМУ (позиція 6).

2.1. Моделі процесів формування основних параметрів зон горіння ймовірних пожеж в ПЕС. Ініціюють виникнення і забезпечують «функціонування» $Z\text{МУ}_{\text{тепл.йм.пож.ПЕС}}$ описувані далі процеси, що відбуваються у зоні горіння пожежі в ПЕС. Пожежі в ПЕС виникають, як правило, в пожежонебезпечні періоди, коли «запаси» $\text{РГМ}_{\text{конкр}}$ суттєво втрачають свою вологість. Центр займання виникає у місці розташування джерела запалювання – ДЗ (відкритий вогонь, іскри, електричний розряд та ін.), якщо його енергія виявляється достатньою для забезпечення

термічного розкладу (газифікації) $\text{РГМ}_{\text{конкр}}$, утворення (з молекул продуктів газифікації і молекул кисню повітря НПС) хімічно однорідної горючої суміші (ХОГС) та підігріву її до температури самоспалахування ($t_{\text{СС РГМконкр}}$, °C) з утворенням первинного факела полум'я пожежі.

Указаний первинний факел полум'я реалізує однофакельне полум'яне гомогенне ламінарне горіння і являє собою тонкостінну (завтовшки у $10^{-4} \dots 10^{-3}$ м [3, с 82]) просторову оболонку (у формі веретена, вісь симетрії якого «проходить» через ЦЗ) з розжарених мікрочастинок продуктів згоряння $\text{РГМ}_{\text{конкр}}$. Слід відзначити, що зазначена вісь симетрії є вертикальною при відсутності вітру або «нахиленою» на кут $\gamma=f(V_{\text{в.конкр}}, \text{м/с})$ у напрямку вітру при його наявності.

Кожна з таких розжарених мікрочастинок є своєрідним «елементарним генератором» електромагнітних хвиль в діапазонах інфрачервоного і видимого випромінювання (залежно від власної температури конкретної мікрочастинок $t_{\text{вл.мікрочаст.конкр}}$, °C). Оскільки розміри зазначених мікрочастинок (наприклад, для молекул газів $d_{\text{мікрочаст}} \approx 10^{-9} \dots 10^{-8}$ м) значно менші довжини випромінюваних ними хвиль, то можна вважати, що діаграма спрямованості кожного з таких «елементарних генераторів» подібна до сфери.

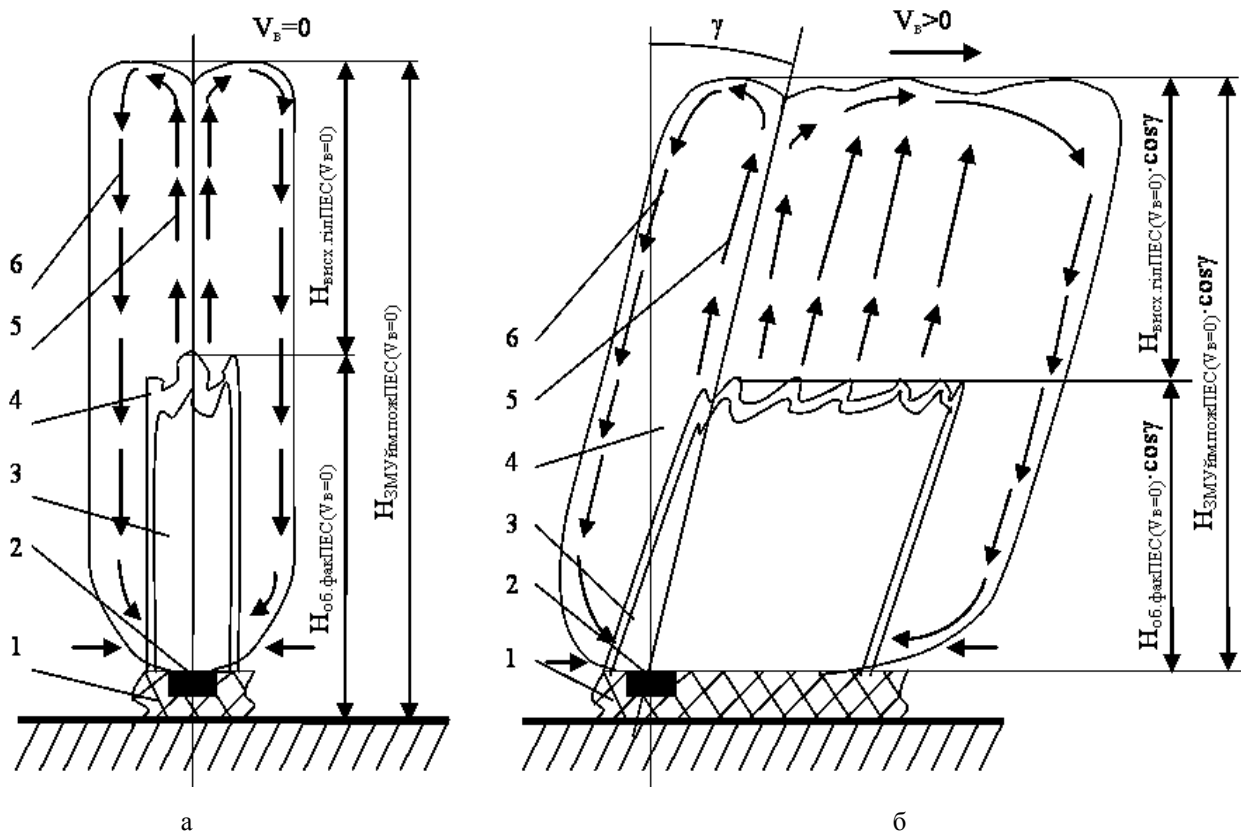


Рис. 1. Структура $Z\text{МУ}_{\text{йм.пож.ПЕС}}$

Тому частина енергії електромагнітних випромінювань кожного з «елементарних генераторів» обов'язково досягає прилягаючих до ЦЗ (позиція 2) ділянок поверхні «запасів» РГМ_{конкр} (позиція 1) досліджуваної ПЕС і «наводить» на них струми електропровідності або електрозміщення. Дія цих струмів призводить до розігріву опромінюваних ділянок поверхні «запасів» РГМ_{конкр} до температури газифікації РГМ_{конкр}. Утворені таким чином розігріті мікрочастинки продуктів газифікації РГМ_{конкр}, змішуючись з молекулами кисню повітря НПС, утворюють нові порції ХОГС, які надходять у первинний факел полум'я.

Спалахування все нових і нових порцій ХОГС призводить до збільшення розмірів факела полум'я (при цьому факел полум'я переймає на себе функції ДЗ) і поширення кромки горіння поверхнею «запасів» РГМ_{конкр}.

У процесі зазначеного поширення фронту горіння постійне надходження до факела полум'я і спалахування все нових і нових порцій ХОГС призводить не тільки до збільшення його розмірів, але й до трансформації його форми. Пояснюється це переходом від полум'яного гомогенного ламінарного горіння до молекулярно-дифузійного (коли фронт горіння переміститься від ЦЗ на відстань більшу 0,1 м), а, згодом, і до турбулентно-дифузійного режиму горіння (коли фронт горіння переміститься від ЦЗ на відстань понад 0,3 м). Турбулентно-дифузійний режим характеризується роздрібненням верхньої частини факела полум'я на кілька водночас існуючих «язиків» (підфакелів), які прилягають один до іншого, безперервно змінюючи свою форму і розміри, тобто утворенням «об'єданого факела» полум'я пожежі в ПЕС (позиція 4). Тому досить коректною фізичною моделлю $Z_{\text{Гім.пож.ПЕС}}$ є «заповнена» розжареними мікрочастинками оболонки «об'єданого факела» полум'я пожежі просторова об'ємна геометрична фігура, основними параметрами (визначальними для параметрів ЗМУ_{тепл.ім.пож.ПЕС}) якої є: форма, геометричні розміри і просторове розташування горизонтальної проекції охопленої вогнем поверхні «запасів» РГМ_{конкр} досліджуваної ділянки ПЕС (тобто ФГРіПрР $Z_{\text{Гім.пож.ПЕСгор.пр}}$); висота ($H_{\text{об.фак.ПЕС}}$, м) і температура ($t_{\text{об.фак.ПЕС}}$, °C) «об'єданого факела» полум'я пожежі.

Значення вказаних параметрів $Z_{\text{Гім.пож.ПЕС}}$ залежать від видів РГМ_{конкр} досліджуваної ділянки ПЕС, можливої величини розрахункового часу вільного (безперешкодного) горіння – $T_{\text{ВГрозр}}$, год., впродовж тривалості пожежі (значення якого залежать від геометричних розмірів ділянки ПЕС та наявності на ній штучних і природних перешкод поширенню кромки горіння), а також від наявності чи відсутності вітру.

При відсутності вітру (через те, що «розжарені» мікрочастинки факела полум'я мають практично однакові площу випромінювання і власну температуру та розташовані симетрично відносно вертикальної осі симетрії факела полум'я) сумарний «підігрів» (тепловим випромінюванням усіх «розжарених» мікрочастинок факела полум'я) кожної з рівновіддалених від ЦЗ ділянок поверхні «запасів» РГМ_{конкр} є однаковим. Вказане забезпечує рівномірне в усіх напрямках (відносно вертикальної осі симетрії факела полум'я) поширення фронту горіння поверхнею «запасів» РГМ_{конкр} із швидкістю – $V_{\text{фр}}(V_{\text{в}}=0)$, м/год, величина якої визначається видом РГМ_{конкр}. В результаті відбувається формування горизонтальної проекції зони горіння ($Z_{\text{Гім.пож.ПЕСгор.пр}}$) у формі круга з центром у ЦЗ і радіусом $R_{Z_{\text{Гім.пож.ПЕС}}(V_{\text{в}}=0)\text{гор.пр}}$, м, величина якого зростає з плином часу прямо пропорційно швидкості поширення фронту горіння – $V_{\text{фр}}(V_{\text{в}}=0)$, м/год, і часу вільного горіння $T_{\text{ВГрозр}}$, згідно з виразом

$$R_{Z_{\text{Гім.пож.ПЕС}}(V_{\text{в}}=0)\text{гор.пр}} = V_{\text{фр}}(V_{\text{в}}=0) \cdot T_{\text{ВГрозр}} \quad (1)$$

Формула (1) є досить коректною математичною моделлю для прогнозування можливих ФГРіПрР $Z_{\text{Гім.пож.ПЕС}}(V_{\text{в}}=0)\text{гор.пр}$.

Результати такого прогнозу рекомендується відображати на Плані досліджуваної ділянки ПЕС за допомогою тактичних знаків «ЗГ» (позиція 2) і «ЦЗ» (позиція 1) рис. 2, а.

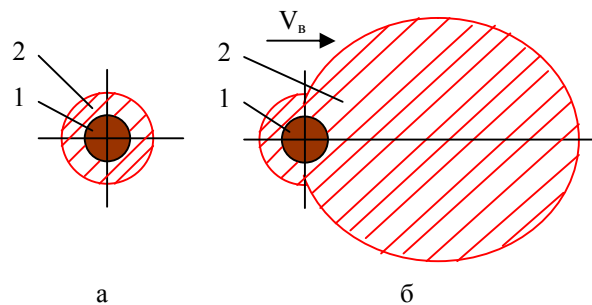


Рис. 2. Відображення зон горіння пожеж у ПЕС

В процесі поширення фронту горіння зростає і висота «об'єданого факела» полум'я пожежі – $H_{\text{об.фак.ПЕС}}(V_{\text{в}}=0)$, м, величина якої при переміщенні крайки горіння від ЦЗ на відстань 50 м вже втричі перевищує середню висоту рослинності досліджуваної ділянки ПЕС – $h_{\text{росл}}$, м, і далі стабілізується [4]. Тому досить коректною математичною моделлю для прогнозування можливої величини висоти «об'єданого факела» полум'я пожежі в ПЕС при відсутності вітру є формула

$$H_{\text{об.фак.ПЕС}}(V_{\text{в}}=0) = 3h_{\text{росл}} \quad (2)$$

Дуже часто у складі РГМ конкретної ділянки ПЕС наявні різноманітні види рослинності, для яких характерні різні величини температур власних факелів полум'я ($t_{\text{вл.фак.РГМконкр}}, ^\circ\text{C}$).

Тому досить коректною математичною моделлю для завчасного визначення можливої величини температури «об'єданого факела» полум'я пожежі в ПЕС ($t_{\text{об.фак.ПЕС}}, ^\circ\text{C}$) слід вважати вираз

$$t_{\text{об.фак.ПЕС}} = t_{\text{вл.фак.РГМконкр}} \max, \quad (3)$$

де $t_{\text{вл.фак.РГМконкр}} \max$ – найбільша за величиною з температур власних факелів полум'я конкретних рослинних горючих матеріалів досліджуваної ділянки ПЕС, $^\circ\text{C}$.

При наявності вітру ($V_{\text{в.конкр}}, \text{ м/с}$) вертикальна вісь симетрії первинного факела полум'я пожежі в ПЕС «нахиляється» у напрямку вітру на кут $\gamma=f(V_{\text{в.конкр}})$. Вказане призводить до більш інтенсивного «розігріву» ділянок поверхні «запасів» РГМ_{конкр}, розташованих (відносно ЦЗ) у напрямку вітру. Зазначене зумовлює більш інтенсивне «постачання» факела полум'я все новими і новими порціями ХОГС саме з ділянок поверхні «запасів» РГМ_{конкр}, розташованих з навітренної сторони. Тому розміри горизонтального перетину факела полум'я в режимі молекулярно-дифузійного горіння і «об'єданого факела» полум'я пожежі в режимі турбулентно-дифузійного горіння більш інтенсивно зростають у напрямку вітру. Таким чином вплив вітру призводить (рис. 1, б):

– до нахилу «об'єданого факела» полум'я пожежі на кут γ (у напрямку вітру) і зменшення фактичної висоти «об'єданого факела» полум'я пожежі до значення $H_{\text{об.фак.ПЕС}(V_{\text{в.конкр}})} = H_{\text{об.фак.ПЕС}(V_{\text{в}=0}) \cdot \cos \gamma$;

– до диференціації за величиною швидкостей поширення кромки горіння поверхнею «запасів» РГМ_{конкр} на фронті пожежі – $V_{\text{фр}}(V_{\text{в.конкр}})$, м/год, на її флангах – $V_{\text{фл}}(V_{\text{в.конкр}})$, м/год, та у тилу – $V_{\text{тл}}(V_{\text{в.конкр}})$, м/год, залежно від швидкості вітру та виду РГМ_{конкр}.

Згідно з даними праці [5] для будь-яких видів РГМ_{конкр} виконуються співвідношення $V_{\text{фр}}(V_{\text{в.конкр}}) > V_{\text{фл}}(V_{\text{в.конкр}}) > V_{\text{тл}}(V_{\text{в.конкр}})$. Це зумовлює формування горизонтальної проекції зони горіння ймовірної пожежі в ПЕС ($Z_{\text{Гім.пож.ПЕС}(V_{\text{в.конкр}})_{\text{гор.пр}})$ у вигляді складної геометричної фігури, «втягнутої» вздовж напрямку вітру.

Враховуючи викладене, та у відповідності з положеннями праці [6] рекомендується прогнозувати ФГРіПрР $Z_{\text{Гім.пож.ПЕС}(V_{\text{в.конкр}})_{\text{гор.пр}})$, як складну геометричну фігуру, вісь симетрії якої проходить через ЦЗ і збігається з напрямком вітру, а зовнішні межі цієї фігури окреслює радіус-вектор –

$\bar{R}_{Z_{\text{Гім.пож.ПЕС}(V_{\text{в.конкр}})_{\text{гор.пр}}}$ (який обертається за годинниковою стрілкою у горизонтальній площині з центром у місці розташування ЦЗ), модуль якого – $|\bar{R}_{Z_{\text{Гім.пож.ПЕС}(V_{\text{в.конкр}})_{\text{гор.пр}}}|$ змінюється згідно з виразами

$$|\bar{R}_{Z_{\text{Гім.пож.ПЕС}(V_{\text{в.конкр}})_{\text{гор.пр}}}| = V_{\text{фр}}(V_{\text{в.конкр}}) \cdot T_{\text{ВГрозр}} \cdot \cos \beta \quad (4)$$

(при зміні кута β в діапазоні $\beta=0 \dots 85^\circ$ і $\beta=275 \dots 360^\circ$),

$$|\bar{R}_{Z_{\text{Гім.пож.ПЕС}(V_{\text{в.конкр}})_{\text{гор.пр}}}| = V_{\text{тл}}(V_{\text{в.конкр}}) \cdot T_{\text{ВГрозр}} \quad (5)$$

(при зміні кута β в діапазоні $\beta=85 \dots 275^\circ$),

де $|\bar{R}_{Z_{\text{Гім.пож.ПЕС}(V_{\text{в.конкр}})_{\text{гор.пр}}}|$ – значення величин відстаней від ЦЗ до точок зовнішньої межі $Z_{\text{Гім.пож.ПЕС}(V_{\text{в.конкр}})_{\text{гор.пр}})$ на конкретній ділянці ПЕС, м;

$V_{\text{фр}}(V_{\text{в.конкр}})$ – швидкість поширення фронту ймовірної пожежі (при $V_{\text{в.конкр}}, \text{ м/с}$), м/год;

$T_{\text{ВГрозр}}$ – розрахункова величина часу вільного горіння, год;

β – величина кута між напрямком вітру і поточним положенням радіуса вектора $\bar{R}_{Z_{\text{Гім.пож.ПЕС}(V_{\text{в.конкр}})_{\text{гор.пр}}}$, град;

$V_{\text{тл}}(V_{\text{в.конкр}})$ – швидкість поширення тіла ймовірної пожежі (при $V_{\text{в.конкр}}, \text{ м/с}$), м/год.

Вирази (4) і (5) є досить коректною математичною моделлю щодо прогнозування можливих ФГРіПрР $Z_{\text{Гім.пож.ПЕСгор.пр}(V_{\text{в.конкр}})$. Результати такого прогнозу рекомендується відобразити на Плані досліджуваної ділянки ПЕС за допомогою тактичних знаків «ЗГ» (позиція 2) і «ЦЗ» (позиція 1) рис. 2 б.

У відповідності з рис. 1 б величина висоти «об'єданого факела» полум'я ймовірної пожежі в ПЕС при наявності вітру може бути визначена з використанням формули – $H_{\text{об.фак.ПЕС}(V_{\text{в.конкр}})} = H_{\text{об.фак.ПЕС}(V_{\text{в}=0}) \cdot \cos \gamma$. Але існуючий досвід свідчить про те, що величина кута $\gamma=f(V_{\text{в.конкр}})$ змінюється залежно від швидкості вітру за дуже складною (на наш час ще коректно не формалізованою) закономірністю, внаслідок чого величина $H_{\text{об.фак.ПЕС}(V_{\text{в.конкр}})}$ зменшується від значення $3h_{\text{росл}}, \text{ м}$, до значення $h_{\text{росл}}, \text{ м}$, майже лінійно (при збільшенні швидкості вітру від 0 до 6 м/с) і залишається практично постійною – $H_{\text{об.фак.ПЕС}(V_{\text{в.конкр}})} = h_{\text{росл}}$ при $V_{\text{в.конкр}} > 6 \text{ м/с}$.

Враховуючи викладене, досить коректною математичною моделлю для прогнозування можливих величин $H_{\text{об.фак.ПЕС}(V_{\text{в.конкр}})}$ залежно від швидкості вітру $V_{\text{в.конкр}}, \text{ м/с}$, і середньої висоти рослин – $h_{\text{росл}}, \text{ м}$, досліджуваної ділянки ПЕС є вираз

$$H_{\text{об.фак.ПЕС}(V_{\text{в.конкр}})} = K_{H(V_{\text{в.конкр}})} \cdot h_{\text{росл}}, \quad (6)$$

де $K_{H(V_{\text{в.конкр}})}$ – коефіцієнт, який враховує змінення фактичної висоти «об'єданого факела» полум'я пожежі в ПЕС (залежно від швидкості вітру), значення величин якого наведені у табл. 1.

Таблиця 1

Значення величин коефіцієнта $K_{H(V_{\text{в.конкр}})}$

| | | | | | | | |
|------------------------------|---|------|------|-----|------|------|---|
| $V_{\text{в.конкр}},$ м/с | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| $K_{H(V_{\text{в.конкр}})}$ | 3 | 2,67 | 2,33 | 2,0 | 1,67 | 1,34 | 1 |
| $V_{\text{в.конкр}},$ м/с | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | |
| $K_{H(V_{\text{в.конкр}})}$ | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |

Досить коректною математичною моделлю для прогнозування можливої величини температури «об'єданого факела» полум'я пожежі в ПЕС ($t_{\text{об.фак.ПЕС}}, ^\circ\text{C}$) є формула (3).

2.2. Моделі процесів формування основних параметрів зони можливого ураження «тепловим випромінюванням» ймовірної пожежі в ПЕС. Оскільки кожна з розжарених мікрочастинок «об'єданого факела» полум'я пожежі в ПЕС (позиція 4 на рис. 1 а і рис. 1 б) має власну температуру ($t_{\text{вл.мікрочаст}} \approx t_{\text{об.фак.ПЕС}}$) значно більшу ніж власна температура мікрочастинок повітря НПС ($t_{\text{НПС}}$), то і густина речовин оболонки «об'єданого факела» полум'я є значно меншою густини речовин НПС. Вказане спричинює виникнення Архімедової піднімальної сили – $F_{\text{Арх}}$, вплив якої ініціює процеси теплообміну і масообміну між $Z\Gamma_{\text{ім.пож.ПЕС}}$ і НПС, що проілюстровано на рис. 1 а і 1 б.

Внаслідок впливу $F_{\text{Арх}}$ кожна з розжарених мікрочастинок (які в даний момент входять до складу «об'єданого факела» полум'я – позиція 4 на рис 1 а, б) «виходить» з нього і спрямовується догори у напрямку, перпендикулярному земній поверхні при $V_{\text{в}}=0$ (або під кутом γ до перпендикуляра при $V_{\text{в.конкр}}>0$). Описане стає причиною утворення над «об'єднаним факелом» полум'я спрямованого догори (вертикально – при $V_{\text{в}}=0$ або під кутом γ - при $V_{\text{в.конкр}}>0$) потоку розігрітих мікрочастинок продуктів повного і неповного згоряння, тобто висхідної гілки «димових газів» (позиція 5 на рис. 1) пожежі. При цьому вертикальна складова швидкості руху потоку «димових газів» поступово зменшується (через охолодження мікрочастинок продуктів згоряння) Тому досить коректною фізичною моделлю висхідної гілки «димових газів» є просторова об'ємна (вертикальна – при $V_{\text{в}}=0$ або «нахилена» під кутом γ - при $V_{\text{в.конкр}}>0$) геометрична фігура (з висотою $H_{\text{висх.гіл}(V_{\text{в}}=0)}$ або $H_{\text{висх.гіл}(V_{\text{в}}>0)} \cdot \cos \gamma$ відповідно і гори-

зонтальним перетином, форма і геометричні розміри якого практично збігаються з такими ж параметрами $Z\Gamma_{\text{ім.пож.ПЕСгор.пр}}$), заповнена розігрітими мікрочастинками «димових газів».

В той же час підтримання сталого горіння забезпечується безперервним надходженням до «об'єданого факела» полум'я (позиція 4 рис. 1) все нових і нових порцій ХОГС від охопленої вогнем поверхні «запасів» $\text{РГМ}_{\text{конкр}}$ (позиція 1 рис. 1 а і рис. 1 б) внаслідок їх газифікації під впливом теплового випромінювання «об'єданого факела» полум'я. Вказані порції ХОГС утворюються у підфакельному просторі (позиція 3) з молекул продуктів газифікації $\text{РГМ}_{\text{конкр}}$ і молекул насиченого киснем повітря НПС. Надходження вказаного повітря пояснюється тим, що внаслідок невпинного руху чергових порцій ХОГС до оболонки «об'єданого факела» полум'я у підфакельному просторі утворюється «розрідження» (низький тиск). Вказане «розрідження» спричинює «підсмоктування» чистого (тобто насиченого киснем) атмосферного повітря з усіх (прилеглих до «об'єданого факела» полум'я і висхідної гілки «димових газів») вертикальних шарів повітря НПС. Останнє призводить до утворення безлічі низхідних гілок (позиція 6 рис. 1, а і рис. 1, б) шарів чистого повітря НПС, які щільно прилягають одна до іншої (охоплюючи висхідну гілку «димових газів» та «об'єднаний факел» полум'я) і «заходять» до підфакельного простору (позиція 3).

Одночасна наявність висхідної гілки «димових газів» (яка «виходить» з «об'єданого факела» полум'я) і безлічі прилягаючих одна до іншої низхідних гілок (які «заходять» до підфакельного простору) з протилежними напрямками руху мікрочастинок неминуче призводить до їх об'єднання у єдиний замкнений газовий потік. Таке об'єднання реалізується шляхом розгалуження висхідної гілки «димових газів» (позиція 5) на безліч щільно прилягаючих одна до іншої низхідних гілок (позиція 6), які «гуртуються» у підфакельному просторі (позиція 3) «об'єданого факела» полум'я (позиція 4) пожежі в ПЕС.

Згідно з викладеним досить коректною фізичною моделлю єдиного замкненого газового потоку є просторова об'ємна геометрична фігура, основними складовими якої є:

– «розігріті» (внаслідок впливу теплового випромінювання «об'єданого факела» полум'я) мікрочастинок продуктів газифікації $\text{РГМ}_{\text{конкр}}$ і мікрочастинок насиченого киснем повітря НПС, які, змішуючись одна з іншою, утворюють множину $\{M_1\}$ «розігрітих» мікрочастинок ХОГС та перемішуються у підфакельному просторі (під впливом $F_{\text{Арх}}$) до «об'єданого факела» полум'я. В процесі такого переміщення величина власних температур цих мік-

рочастинок (через наближення до «об'єданого факела» полум'я) зростає від значення $t_{\text{вл.мікрочаст.}\{M_1\}} = t_{\text{газиф.РГМконкр}}$ до значення $t_{\text{вл.мікрочаст.}\{M_1\}} = t_{\text{об.фак.ПЕС}}$;

– множина $\{M_2\}$ «розжарених» (внаслідок фізико-хімічних реакцій горіння) мікрочастинок «об'єданого факела» полум'я (де утворюються мікрочастинок продуктів повного і неповного згоряння, тобто «димових газів»). В процесі реакції горіння величини $t_{\text{вл.мікрочаст.}\{M_2\}}$ цих мікрочастинок визначаються співвідношенням $(1-10^{-2}) \cdot t_{\text{об.фак.ПЕС}} \leq t_{\text{вл.мікрочаст.}\{M_2\} \leq (1+10^{-2}) \cdot t_{\text{об.фак.ПЕС}}$;

– множина $\{M_3\}$ «розігрітих» мікрочастинок «димових газів», які «виходять» з «об'єданого факела» полум'я і переміщуються (внаслідок впливу $F_{\text{Арх}}$ і вітру) вздовж висхідної гілки, котра розгалужується на безліч низхідних гілок. В процесі вказаного руху величина $t_{\text{вл.мікрочаст.}\{M_3\}}$ цих мікрочастинок може змінюватися (внаслідок їх охолодження) від значення $t_{\text{вл.мікрочаст.}\{M_3\}} = t_{\text{об.фак.ПЕС}}$ до значення $t_{\text{вл.мікрочаст.}\{M_3\}} = t_{\text{НПС}}$;

– множина $\{M_4\}$ мікрочастинок низхідних гілок (тобто мікрочастинок повітря НПС, забрудненого «димовими газами»), які прямують до підфакельного простору. Власна температура цих мікрочастинок перевищує температуру повітря НПС – $t_{\text{вл.мікрочаст.}\{M_4\}} > t_{\text{НПС}}$ через постійне надходження до низхідних гілок «розігрітих» мікрочастинок «димових газів», а також внаслідок теплообміну між $Z\Gamma_{\text{ім.пож.ПЕС}}$ і НПС за рахунок конвекції і теплопровідності.

Саме «розігріті» мікрочастинок множин $\{M_1\}$, $\{M_2\}$, $\{M_3\}$ і $\{M_4\}$ є безпосередніми джерелами уражального чинника «теплове випромінювання» ймовірної пожежі в ПЕС, бо їх сумарне електромагнітне випромінювання в інфрачервоному і видимому діапазонах створює небезпеку життю і здоров'ю людей та небезпеку термічного пошкодження і, навіть, займання інших природних і штучних об'єктів. Отже, досить коректною фізичною моделлю зони можливого ураження «тепловим випромінюванням» ймовірної пожежі в ПЕС ($ZMU_{\text{тепл.ім.пож.ПЕС}}$) є заповнена «тепловим випромінюванням» просторова об'ємна геометрична фігура, яка охоплює ЦЗ, а її зовнішні межі «проходять» там, де дія вказаного УЧП ще не призводить до помітної зміни стану або займання РГМ_{конкр} (інших природних і штучних об'єктів) досліджуваної ділянки ПЕС і не створює неможливі умови для перебування людей без засобів протитеплого захисту [2].

Слід відзначити, що «особовий склад» мікрочастинок кожної із вказаних множин постійно змінюється внаслідок змінювання ФГРіПрР $Z\Gamma_{\text{ім.пож.ПЕСгор.пр}}$, а також через те, що впродовж тривалості пожежі кожен мить: у підфакельному просторі утворюються все нові і нові порції «розігрітих»

мікрочастинок ХОГС, які прямують до «об'єданого факела» полум'я; у оболонці «об'єданого факела» полум'я мікрочастинок порцій ХОГС, що надійшли до нього у попередню мить перетворюються у «розжарені» мікрочастинок «димових газів», які надходять до висхідної гілки; з висхідної гілки все нові і нові порції мікрочастинок «димових газів» надходять у низхідні гілки і так далі.

Кожна конкретна з «розігрітих» мікрочастинок множин $\{M_1\}$, $\{M_2\}$, $\{M_3\}$ і $\{M_4\}$ «народжується і функціонує» протягом певного терміну (як конкретний «елементарний генератор») незалежно від умов «народження і функціонування» інших мікрочастинок. Крім того (при будь-якому законі розподілення) ймовірність виникнення двох, трьох і т.д. мікрочастинок, які мають однакові величини $t_{\text{вл.мікрочаст.конкр}}$ на два і більше порядків менша від ймовірності одночасного виникнення «розігрітих» мікрочастинок, величини власних температур яких (хоч і не дуже суттєво) відрізняються одна від іншої. Тому електромагнітні коливання, що випромінюються абсолютно більшістю вказаних «елементарних генераторів» є некогерентними і розрізняються за значеннями їх частот.

Згідно із законом Стефана – Больцмана інтенсивність «теплого випромінювання» кожної з «розігрітих» мікрочастинок у місці її розташування ($I_{\text{мікрочаст}}$, Вт/м²) залежно від величини власної температури ($t_{\text{вл.мікрочаст}}$, °С) та потужність електромагнітних коливань відповідних «елементарних генераторів» ($P_{\text{тепл.ел.ген}}$, Вт) визначаються виразами

$$I_{\text{мікрочаст}} = \epsilon_{\text{мікрочаст}} \cdot \sigma \cdot (t_{\text{вл.мікрочаст}} + 273)^4,$$

$$P_{\text{тепл.ел.ген}} = I_{\text{мікрочаст}} \cdot S_{\text{пов.мікрочаст}} =$$

$$= \epsilon_{\text{мікрочаст}} \cdot \sigma \cdot (t_{\text{вл.мікрочаст}} + 273)^4 \cdot \pi d_{\text{мікрочаст}}^2 \quad (7)$$

де $\epsilon_{\text{мікрочаст}}$ – коефіцієнт «чорноти» «розігрітої» мікрочастинок ($\epsilon_{\text{мікрочаст}} \approx 1$);

σ – ($\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$ Вт/м²·К⁴) стала Стефана – Больцмана;

$t_{\text{об.фак.ПЕС}}$ – температура «об'єданого факела» полум'я пожежі в ПЕС, °С;

$S_{\text{пов.мікрочаст}}$ – площа поверхні «розігрітої» мікрочастинок ($S_{\text{пов.мікрочаст}} = 4\pi r_{\text{мікрочаст}}^2 = \pi d_{\text{мікрочаст}}^2$), м²;

$d_{\text{мікрочаст}}$ – діаметр «розігрітої» мікрочастинок, м.

Згідно з доведеним вище (внаслідок сфероподібності діаграми спрямованості кожного з таких «елементарних генераторів») його «теплове випромінювання» розповсюджується у НПС рівномірно у всіх напрямках (відносно місця розташування «розігрітої» мікрочастинок) у межах сфери із швидкістю приблизно рівною $3 \cdot 10^8$ м/с. У процесі такого розповсюдження інтенсивність первинного електромагнітного поля, що випромінюється конкретною «розігрітою» мікрочастиною (а, отже, і величина поверх-

невої густини потужності її теплового потоку залежно від відстані – r , м, до цієї мікрочастинки – $\text{ПППТ}_{\text{мікрочаст.кокпр}}(r)$, Вт/м^2) зменшується згідно з виразом

$$\text{ПППТ}_{\text{мікрочаст.кокпр}}(r) = P_{\text{тепл.ел.ген}} / 4\pi r^2 = \epsilon_{\text{мікрочаст}} \cdot \sigma \cdot (t_{\text{вл.мікрочаст}} + 273)^4 \cdot d_{\text{мікрочаст}}^2 / 4r^2. \quad (8)$$

Вказане первинне електромагнітне поле «теплового випромінювання» конкретної «розігрітої» мікрочастинки при досягненні будь-якого з конкретних матеріальних об'єктів (який розташований у НПС навколо ЗГ_{ім.пож.ПЕС}) та має температуру – $t_{\text{об'єкт.кокпр}} \approx t_{\text{НПС}}$ «наводить» у ньому струми електропровідності і (або) електрозміщення. У результаті виникнення цих струмів частина енергії первинного електромагнітного поля (поглинута таким об'єктом) перетворюється у теплову енергію, яка нагріває об'єкт, внаслідок чого підвищується його температура ($t_{\text{об'єкт.кокпр}} > t_{\text{НПС}}$), а інша її частина «витрачається» на створення вторинного «теплового випромінювання» нагрітого таким способом вказаного об'єкта, що сприяє його охолодженню.

Зазначене вторинне електромагнітне поле поширюється в НПС (в т.ч. і у напрямку конкретної «розігрітої» мікрочастинки), що призводить [7, 8] до зменшення (з плином часу опромінювання – $T_{\text{опр}}$, год) величини енергії – $E_{\text{нагр.об'єкт.кокпр}}$, Дж, яка «витрачається» на здійснення ефективного нагрівання досліджуваного матеріального об'єкта у відповідності з виразом

$$E_{\text{нагр.об'єкт.кокпр}} \sim T_{\text{опр}} \cdot (t_{\text{вл.мікрочаст.кокпр}}^4 - t_{\text{об'єкт.кокпр}}^4). \quad (9)$$

Згідно з виразом (9) конкретна «розігріта» мікрочастинка може продовжувати нагрівати своїм «тепловим випромінюванням» конкретний матеріальний об'єкт тільки протягом терміну $T_{\text{опр}}$, впродовж якого виконується співвідношення

$$t_{\text{вл.мікрочаст.кокпр}} > t_{\text{об'єкт.кокпр}}$$

Описані вище моделі процесів впливу «теплового випромінювання» на матеріальні об'єкти, розташовані в НПС навколо ЦЗ характерні для будь-якої з «розігрітих» мікрочастинок, що входять до складу множин $\{M_1\}$, $\{M_2\}$, $\{M_3\}$ і $\{M_4\}$. Враховуючи, що кожна з абсолютної більшості «розігрітих» мікрочастинок випромінює некогерентні з іншими електромагнітні коливання на своїй власній частоті – $f_{\text{вл.мікрочаст}}$, Гц (значення якої відрізняється від значень частот випромінювання всіх інших «розігрітих» мікрочастинок), можна вважати доведеним, що величина енергії нагріву конкретного матеріального об'єкта $E_{\text{нагр.об'єкт.кокпр.}\{M_1\}, \{M_2\}, \{M_3\} \text{ і } \{M_4\}}$ від одночасного впливу «теплового випромінювання» кожної з

«розігрітих» мікрочастинок множин $\{M_1\}$, $\{M_2\}$, $\{M_3\}$ і $\{M_4\}$ пропорційна величині поверхневої густини потужності сумарного теплового потоку «розігрітих» мікрочастинок вказаних множин – $\text{ППСТП}_{\{M_1\}, \{M_2\}, \{M_3\} \text{ і } \{M_4\}}$, тобто

$$E_{\text{нагр.об'єкт.кокпр.}\{M_1\}, \{M_2\}, \{M_3\} \text{ і } \{M_4\}} \sim \sim \text{ППСТП}_{\{M_1\}, \{M_2\}, \{M_3\} \text{ і } \{M_4\}} = (\sum \text{ПППТ}_{\text{мікрочаст.кокпр.}\{M_1\}} + \sum \text{ПППТ}_{\text{мікрочаст.кокпр.}\{M_2\}} + \sum \text{ПППТ}_{\text{мікрочаст.кокпр.}\{M_3\}} + \sum \text{ПППТ}_{\text{мікрочаст.кокпр.}\{M_4\}}).$$

Тому з моменту виникнення первинної пожежі в ПЕС до початку стадії «Вигорання «запасів» РГМ_{кокпр}» у нагріванні конкретних матеріальних об'єктів (розташованих у НПС навколо ЦЗ) беруть участь всі «елементарні генератори» (тобто всі «розігріті» мікрочастинки), що переміщуються в межах підфакельного простору, «об'єднаного факела» полум'я, висхідної гілки «димових газів» і низхідних гілок.

З плином часу через зростання температури ($t_{\text{об'єкт.кокпр}}$, °C) кожного з опромінюваних матеріальних об'єктів з процесу їх нагрівання поступово усуваються ті з «розігрітих» мікрочастинок, у яких температура $t_{\text{вл.мікрочаст.кокпр}}$, °C, стає меншою, ніж значення температури конкретних об'єктів $t_{\text{об'єкт.кокпр}}$, °C. Таким чином, вже на початку стадії пожежі «Вигорання «запасів» РГМ_{кокпр}» з процесу нагрівання конкретних матеріальних об'єктів (розташованих в НПС навколо ЦЗ) усуваються все більше і більше «розігрітих мікрочастинок множин $\{M_3\}$ і $\{M_4\}$, а згодом – все більше і більше мікрочастинок множини $\{M_1\}$. Отже, впродовж майже всього терміну тривалості стадії «Вигорання «запасів» РГМ_{кокпр}» у процесі нагрівання конкретних матеріальних об'єктів продовжують брати участь тільки «розжарені» мікрочастинки «об'єднаного факела» полум'я пожежі, які утворюють множину $\{M_2\}$. При цьому величини власних температур кожної з «розжарених» мікрочастинок множини $\{M_2\}$ – $t_{\text{вл.мікрочаст.кокпр}\{M_2\}}$, °C, приблизно дорівнюють температурі «об'єднаного факела» полум'я пожежі в НПС – $t_{\text{об.фак.ПЕС}}$, °C.

Описане нагрівання матеріальних об'єктів свідчить про наявність в НПС (навколо ЦЗ первинної пожежі) зони можливого ураження (ЗМУ-тепл.ім.пож.ПЕС), яка утворюється внаслідок впливу УЧП «теплове випромінювання пожежі» і являє собою просторову об'ємну геометричну фігуру, в межах якої підтримується стале поширення фронту, флангів і тила пожежі на досліджуваній ділянці ПЕС, люди можуть загинути або отримати опіки різного ступеню, а інші природні і штучні об'єкти можуть зазнати термічного пошкодження і, навіть, загорітися у разі виконання співвідношення $t_{\text{об'єкт.кокпр}} > t_{\text{СС ГМкокпр}}$.

Практично всі РГМ_{конкр} (в пожежонебезпечні періоди) і абсолютна більшість з відомих і перспективних будівельних і оздоблювальних горючих матеріалів займаються при ПГПСТП ≥ 10 кВт/м² вже через 5...15 хвилин опроміювання. При цьому на відкритих ділянках шкірних покривів людей виникають опіки різного ступеня.

Враховуючи викладене, досить коректною фізичною моделлю зони можливого ураження «тепловим випромінюванням» первинної пожежі в ПЕС є частина простору НПС навколо ЦЗ, в межах якої величина ПГПСТП перевищує 10 кВт/м², а її зовнішньою межею є поверхня просторової об'ємної фігури, яка «охоплює» просторову геометричну фігуру ЗГ_{ім.пож.ПЕС} та у кожній точці якої величина ПГПСТП дорівнює 10 кВт/м².

Найважливішими параметрами ЗМУ_{тепл.ім.пож.ПЕС} (які визначають можливі негативні екологічні наслідки та величини людських і матеріальних втрат, а також можливі місця виникнення вторинних пожеж) є:

– можливі форма, геометричні розміри і просторове розташування зовнішньої межі горизонтальної проекції зони можливого ураження «тепловим випромінюванням» ймовірної пожежі на досліджуваній ділянці ПЕС;

– можливі величини загальних ($M_{\text{заг.тепл}}$, ос) і санітарних ($M_{\text{сан.тепл}}$, ос) втрат людей, а також прямих матеріальних втрат (ПМВ_{ПЕС}, тис.грн) внаслідок впливу «теплого випромінювання».

Вказана зовнішня межа ЗМУ_{тепл.ім.пож.ПЕСгор.пр} являє собою замкнену лінію, яка «охоплює» горизонтальну проекцію ЗГ_{ім.пож.ПЕС} і в кожній точці якої величина ПГПСТП становить 10 кВт/м². При цьому ФГРiПpP зовнішньої межі ЗМУ_{тепл.ім.пож.ПЕСгор.пр} визначаються такими ж параметрами ЗГ_{ім.пож.ПЕСгор.пр}, а також величинами $N_{\text{об.фак.ПЕС}}$ і $t_{\text{об.фак.ПЕС}}$ ймовірної пожежі в ПЕС.

Тому безумовно коректною математичною моделлю для завчасного визначення можливих ФГРiПpP зовнішньої межі (ЗМ) ЗМУ_{тепл.ім.пож.ПЕСгор.пр} є вираз

$$10 \text{ кВт/м}^2 = 0,25 \cdot e_{\text{мікрочаст}} \cdot \sigma \cdot (t_{\text{об.фак.ПЕС}} + 273)^4 \times \\ \times d_{\text{мікрочаст}}^2 \cdot (1/r_{1\text{-КТ10}}^2 + 1/r_{2\text{-КТ10}}^2 + \dots + 1/r_{m2\text{-КТ10}}^2) \quad (10)$$

де $e_{\text{мікрочаст}}$ – коефіцієнт «чорноти» «розігрітої» мікрочастинки ($e_{\text{мікрочаст}} \approx 1$);

σ – ($\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$ Вт/м²·К⁴) стала Стефана – Больцмана;

$t_{\text{об.фак.ПЕС}}$ – температура «об'єднаного факела» полум'я пожежі на ділянці ПЕС «заселеній» РГМ_{конкр}, °С;

$d_{\text{мікрочаст}}$ – діаметр «розігрітої» мікрочастинки, м;

$r_{1\text{-КТ10}}, r_{2\text{-КТ10}}, \dots, r_{m2\text{-КТ10}}$ – значення величин відстаней від будь-якої з конкретних точок (КТ10) на зовнішній межі ЗМУ_{тепл.ім.пож.ПЕСгор.пр} до першої, другої, ... m₂-ої «розігрітих» мікрочастинок «об'єднаного факела» полум'я, м.

Для визначення можливих ФГРiПpP ЗМ ЗМУ_{тепл.ім.пож.ПЕСгор.пр} конкретної ймовірної пожежі в ПЕС (за даними про ФГРiПpP її ЗГ_{ім.пож.ПЕСгор.пр}, а також про можливі величини $N_{\text{об.фак.ПЕС}}$ і $t_{\text{об.фак.ПЕС}}$ цієї пожежі) найпродуктивнішим є застосування чисельно-графічних методів розв'язання виразу (10) з використанням ПК.

Отриману таким способом інформацію стосовно можливих ФГРiПpP ЗМ ЗМУ_{тепл.ім.пож.ПЕСгор.пр} рекомендується відображати на Плані досліджуваної ділянки ПЕС за допомогою тактичного знака «ЗМУ-тепл». Особливості описаних вище моделей завчасного визначення і наочного відображення можливих ФГРiПpP ЗМ ЗМУ_{тепл.ім.пож.ПЕСгор.пр} проілюстровані на рис. 3, де відображені позначені відповідними тактичними знаками «ЗГ_{ім.пож.ПЕС}» (позиція 3), «ЦЗ» (позиція 2) і зовнішньої межі ЗМУ_{тепл.ім.пож.ПЕС} (позиція 1).

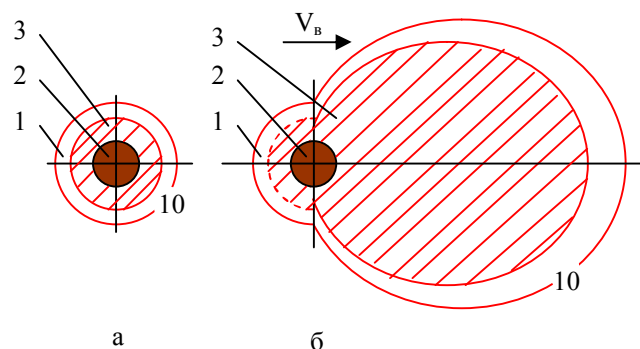


Рис. 3. Відображення зон можливого ураження «тепловим випромінюванням» пожежі у ПЕС

Можливі величини загальних ($M_{\text{заг.тепл}}$, ос) і санітарних ($M_{\text{сан.тепл}}$, ос) втрат людей внаслідок впливу «теплого випромінювання» визначаються кількістю осіб виробничого персоналу найбільшої працюючої зміни (населення) $N_{\text{НПЗ в ЗМУ}}$ ($N_{\text{нас. в ЗМУ}}$), робочі місця (місця перебування) яких за прогнозом «опиняться» в межах ЗМУ_{тепл.ім.пож.ПЕС}. Тому досить коректною математичною моделлю для завчасного визначення можливих величин $M_{\text{заг.тепл}}$, ос, і $M_{\text{сан.тепл}}$, ос, є формули

$$M_{\text{заг.тепл}} = N_{\text{НПЗ в ЗМУ}} (N_{\text{нас. в ЗМУ}}), \quad (11)$$

$$M_{\text{сан.тепл}} = 0,95 \cdot M_{\text{заг.тепл}} \quad (12)$$

Можливу величину прямих матеріальних втрат внаслідок впливу «теплого випромінювання» пожежі на конкретній ділянці ПЕС рекомендується визначати за спеціальною методикою, описаною у праці [5].

3. Розробка інформаційної технології

Практична реалізація перспективних способів прогнозування можливих екологічних і соціально-економічних наслідків ймовірних пожеж на досліджуваній ділянці ПЕС можлива тільки із застосуванням універсальної автоматизованої (комп'ютерної) інформаційної системи – УАІС ПЕС на базі ПК, основними складовими якої мають бути:

- база даних (кожен «запис» (об'єкт) якої містить інформацію про одну конкретну ділянку досліджуваної ПЕС, а кожне «поле» цієї БД – інформацію про пожежонебезпечні і соціально-економічні параметри відповідної ділянки ПЕС, теплові і фізико-хімічні характеристики її РГМ_{конкр}, а також інформацію про кінцеві (проміжні) результати поставки стосовно конкретної ймовірної пожежі та ін.);

- система опрацювання інформації (як сукупність комп'ютерних інформаційних технологій (СКІТ ПЕС) для перетворення вхідних даних у результати поставки щодо можливих негативних екологічних і соціально-економічних наслідків конкретної ймовірної пожежі на досліджуваній ділянці ПЕС, які визначають потребу УПП (в силах, засобах і ресурсах), створюваного для гарантованого забезпечення ефективної ліквідації цієї пожежі);

- засоби наочного відображення і документування проміжних і кінцевих результатів поставки (монітор ПК і принтер).

Обов'язково необхідно (для забезпечення завчасного визначення негативних наслідків ймовірної пожежі) складовою СКІТ ПЕС є інформаційна технологія з прогнозування можливих значень основних параметрів ЗМУ_{тепл.йм.пож.ПЕС} – ІТ_{II} ПЕС.

Інформаційна технологія ІТ_{II} ПЕС призначена для забезпечення завчасного визначення і наочного відображення можливих значень основних параметрів ЗМУ_{тепл.йм.пож.ПЕС}, а саме:

- можливих форми, геометричних розмірів і просторового розташування зовнішньої межі горизонтальної проекції зони можливого ураження «тепловим випромінюванням» ймовірної пожежі (ФГРiПрР ЗМ ЗМУ_{тепл.йм.пож.ПЕСгор.пр}) із застосуванням виразу (10);

- можливих величин загальних ($M_{\text{заг.тепл}}$, ос) і санітарних ($M_{\text{сан.тепл}}$, ос) втрат людей, а також прямих матеріальних втрат (ПМВ, тис. грн.) внаслідок впливу «теплого випромінювання» ймовірної пожежі із застосуванням формул (11, 12), а також спеціальної методики відповідно.

Тому згідно з вимогами метода диференціації (для забезпечення розділення проміжних продуктів поставки) до складу ІТ_{II} ПЕС мають входити відображені на рис. 4:

- інформаційна модель ІМ_{II1}, яка повинна (на

основі вхідних даних, що надходять з БД, стосовно можливих ФГРiПрР ЗМ ЗМУ_{ім.пож.ПЕСгор.пр}, а також можливих значень $N_{\text{об.фак.ПЕС}}$, м, і $t_{\text{об.фак.ПЕС}}$, °С) продуціювати нову інформацію щодо можливих ФГРiПрР ЗМ ЗМУ_{тепл.йм.пож.ПЕСгор.пр};

- інформаційна модель ІМ_{II2}, яка повинна (на основі вхідних даних, що надходять з БД, стосовно можливих ФГРiПрР ЗМ ЗМУ_{тепл.йм.пож.ПЕСгор.пр}, а також значень $N_{\text{НПЗ в ЗМУ}}$ ($N_{\text{нас.в ЗМУ}}$), продуціювати нову інформацію щодо можливих величин $M_{\text{заг.тепл}}$, ос, і $M_{\text{сан.тепл}}$, ос;

- інформаційна модель ІМ_{II3}, яка повинна (на основі вхідних даних, що надходять з БД, стосовно можливих ФГРiПрР ЗМ ЗМУ_{тепл.йм.пож.ПЕСгор.пр}, а також стосовно виду РГМ_{конкр} досліджуваної ділянки ПЕС, висоти – $h_{\text{росл}}$, м, і діаметра – $d_{\text{росл}}$, м, рослин цієї ділянки та можливого ступеня їх пошкодження) продуціювати нову інформацію щодо можливих величин ПМВ, тис. грн.

Структура і функціональні взаємозв'язки між складовими ІТ_{II} ПЕС та елементами УАІС ПЕС відображені на рис. 4.

Вихідні дані кожної із вказаних інформаційних моделей слід «ввести» у відповідні «поля» конкретного «запису» БД, а також відобразити на екрані монітора ПК (а у разі необхідності і задокументувати їх за допомогою принтера). При цьому інформацію щодо можливих ФГРiПрР ЗМ ЗМУ_{тепл.йм.пож.ПЕСгор.пр} відображають на виведеному на екран монітора ПК Плані досліджуваної ділянки ПЕС «Картки очікуваної пожежної обстановки...» за допомогою тактичного знаку «ЗМУ_{тепл}», а інформацію щодо можливих величин інших основних параметрів ЗМУ_{тепл.йм.пож.ПЕС} – у спеціальних «віконцях» на екрані монітора ПК за допомогою пояснювальних написів у вигляді « $M_{\text{заг.тепл}} = \dots$ ос», « $M_{\text{сан.тепл}} = \dots$ ос» і «ПМВ = ... тис. грн».

Висновки

Описані у статті моделі процесів формування основних параметрів зон можливого ураження «тепловим випромінюванням» ймовірних пожеж у ПЕС можуть стати основою для розробки інформаційної технології ІТ_{II} ПЕС, яка дозволить завчасно визначити і наочно відобразити можливі ФГРiПрР ЗМ ЗМУ_{тепл.йм.пож.ПЕСгор.пр} та можливі значення загальних ($M_{\text{заг.тепл}}$, ос) і санітарних ($M_{\text{сан.тепл}}$, ос) втрат людей та прямих матеріальних втрат (ПМВ, тис. грн.) внаслідок впливу «теплого випромінювання» будь-якої з ймовірних пожеж на конкретній ділянці ПЕС.

Здобута таким способом інформація дозволить прогнозувати можливі екологічні і соціально-економічні наслідки такої пожежі та потреби УПП (в силах, засобах і ресурсах), створюваного для її ефективної ліквідації.



Рис. 4. Структурно-функціональна схема ІТІІ ПЕС

Література

1. Буравльов Є.П. Екологічні та соціально-економічні наслідки пожеж / Є.П. Буравльов, В.Л. Клеєвська // Екологія і ресурси: зб. наук. пр. Інституту проблем національної безпеки РНБО України. – 2006. – Вип. 15. – С. 128-131.
2. Іванников В.П. Справочник руководителя тушения пожара / В.П. Іванников, П.П. Ключ. – М.: Стройиздат, 1987. – 288 с.
3. Математическая теория горения и взрыва / Я.Б. Зельдович, Г.И. Баренблат, В.Б. Либрович, Г.М. Махвиладзе. – М.: Наука, 1980. – 487 с.
4. Коротинський П. Горіла сосна, палала / П. Коротинський // Надзвичайна ситуація. – 2002 - №3. – С. 48-51.
5. Нехорошев С.К. Методика оценки последствий лесных пожаров / С.К. Нехорошев, В.С. Рыжиков, В.В. Роцина, А.С. Шевченко // Сборник методик по прогнозированию возможных аварий, ка-

тастроф, стихийных бедствий в РС ЧС. – М.: изд. МЧС России, 1994. - Книга 2 – С. 44-52.

6. Опис до пат. на корисну модель № 32041 «Спосіб прогнозування сил і засобів для ліквідації ймовірної пожежі в природній екологічній системі» / В.Л. Клеєвська, Л.Б. Яковлев. – К.: Державний департамент інтелектуальної власності, бюл. № 8, 2008. – 28 с.

7. Джанколи Д. Физика; в 2 тт. / Д. Джанколи; [пер. с англ. А.С. Доброславского]. Под ред. О.Г. Рудого. – М.: Мир, 1989. Т. 1 – 1989. – 653 с.

8. Клеєвська В.Л. Інформаційна технологія прогнозування основних параметрів зони можливого ураження ймовірної пожежі внаслідок впливу теплового випромінювання / В.Л. Клеєвська, В.О. Максименко // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского «ХАИ». – Вип. 35. – X., 2007. – С. 183-195.

Надійшла до редакції 4.09.2009.

Рецензент: д-р техн. наук, проф., головний науковий співробітник НДІ ПФМ О.В. Бетін, Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАИ», Харків, Україна.

**ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЗНАЧЕНИЙ
ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЗОНЫ ВОЗМОЖНОГО ПОРАЖЕНИЯ
ВЕРОЯТНЫХ ПОЖАРОВ В ПРИРОДНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ
ВСЛЕДСТВИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ТЕПЛОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ**

В.Н. Кобрин, В.Л. Клевская

Предложены оригинальные модели процессов в зоне возможного поражения вероятных пожаров в природных экологических системах вследствие влияния их «теплового излучения». В частности, предлагаются достаточно корректные модели процессов формирования основных параметров зон горения вероятных пожаров в природных экологических системах (при отсутствии и при наличии ветра), модели относительно заблаговременного определения и наглядного отображения возможных формы, геометрических размеров и пространственного расположения охваченной огнем поверхности «запасов» растительных горючих материалов исследуемого участка природных экологических систем, а также значений высоты и температуры «объединенного факела» пламени таких пожаров, модели процессов формирования основных параметров зон возможного поражения «тепловым излучением» этих пожаров, модели относительно заблаговременного определения и наглядного отображения возможных формы, геометрических размеров и пространственного расположения внешней границы горизонтальной проекции этих зон и др. Указанные модели могут стать основой для разработки информационной технологии по прогнозированию значений основных параметров зон возможного поражения «тепловым излучением».

Ключевые слова: пожар, тепловое излучение, зона возможного поражения, природная экологическая система, , информационная технология.

**THE INFORMATION TECHNOLOGY FOR FORECASTING
OF KEY PARAMETERS OF A ZONE OF THERMAL HITTING
OF PROBABLE FIRES IN THE NATURAL ECOLOGICAL SYSTEM**

V.N. Kobrin, V.L. Kleevskaja

An original model of the processes in the area of possible damage possible fires in natural ecological systems because of the impact of their "thermal radiation. In particular, offered a correct model of formation of the basic parameters of combustion zones of possible fires in natural ecological systems (in the absence and presence of wind), a model for early identification and visual display of possible forms, geometric size and spatial location of the target surface fire "stocks" of flammable vegetation materials studied areas of natural ecological systems, as well as the values of height and temperature "Joint Torch flame such fires, the model of formation of the main parameters of the possible areas of damage" thermal radiation" of these fires, the model for the early identification and visual display of the possible forms geometric dimensions and spatial arrangement of external borders of the horizontal projections of these areas and others. These models can be the basis for the development of information technology to predict the values of fundamental parameters of the zone of possible damage "thermal radiation".

Key words: a fire, a zone of hitting, a natural ecological system, the thermal radiation, the information technology.

Кобрин Виталий Николаевич – д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой химии, экологии и информационных технологий, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков, Украина.

Клевская Валерия Леонидовна – ассистент кафедры химии, экологии и информационных технологий, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков, Украина.