

УДК 504.064

В.Л. Клеєвська

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

## ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ З ПРОГНОЗУВАННЯ ЗНАЧЕНЬ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ЗОНИ ГОРІННЯ ЙМОВІРНОЇ ПОЖЕЖИ

*Автором запропонована модель процесів у зоні горіння ймовірних пожеж. На основі цієї моделі розроблена інформаційна технологія прогнозування значень основних параметрів зони горіння конкретних пожеж.*

*інформаційна технологія, зона горіння, «об'єднаний факел» полум'я, висота і температура «об'єданого факелу»*

### Вступ

Згідно з даними Міністерства з питань надзвичайних ситуацій [1] за останні п'ять років в Україні щорічно виникало 48...65 тисяч пожеж, внаслідок яких гинуло близько 4000 осіб, отримувало опіки, отруєння та інші тяжкі ураження майже 2000 осіб, вогнем знищувалось понад 20000 будівель і споруд, більше 2500 одиниць техніки, а тільки прямі збитки становили близько 500 млн. гривень. Однією з причин таких наслідків пожеж є запізнення введення в дію сил і засобів угруповань пожежних підрозділів, кількісний та якісний склад яких міг би гарантовано забезпечити рятування людей, ефективну локалізацію і ліквідацію кожної з конкретних пожеж.

Вказане запізнення пояснюється тим, що на момент надходження оповіщення про виникнення конкретної пожежі у керівництва частин і підрозді-

лів Державної пожежної охорони (ДПО) є дуже обмежена або зовсім відсутня інформація, необхідна для своєчасного створення і направлення на місце пожежі відповідного (за кількісним і якісним складом) угруповання підрозділів ДПО. Зокрема, відсутня інформація щодо значень більшості з основних параметрів зони горіння зазначеної пожежі.

### 1. Формулювання проблеми

Інформація щодо значень основних параметрів зони горіння (ЗГ) конкретної ймовірної пожежі (а саме інформація щодо виду горючих матеріалів, можливої форми, геометричних розмірів і просторового розташування ЗГ, можливих величин висоти і температури факелу полум'я та ін.) є визначальною:

– для встановлення кількості (за типами і моделями) основних пожежних машин –  $N_{\text{осн.пож.маш}}$ , не-

обхідної для ефективної локалізації і ліквідації цієї пожежі;

– для визначення форми, геометричних розмірів і просторового розташування зон можливого ураження пожежі внаслідок впливу її теплового випромінювання –  $ZMU_{\text{тепл}}$  і внаслідок впливу забруднення продуктами згоряння –  $ZMU_{\text{хім}}$ .

Саме інформація про вказані параметри  $ZMU_{\text{тепл}}$  і  $ZMU_{\text{хім}}$  необхідна для завчасного визначення можливої величини загальних –  $M_{\text{заг}}$  і санітарних –  $M_{\text{сан}}$  втрат людей внаслідок впливу уражальних чинників пожежі, а також потрібної для їх рятування кількості рятувальників –  $N_{\text{рят}}$  і кількості спеціальних пожежних машин –  $N_{\text{спец.пож.маш}}$ .

На жаль, існуючі методи прогнозування [1, 2, 3] дозволяють завчасно визначити тільки величину  $N_{\text{осн.пож.маш}}$  (за даними про можливі форму, геометричні розміри, просторове розташування і площу –  $S_{3Г \text{ гориз.пр}}$  горизонтальної проекції 3Г ймовірної пожежі). Інші ж параметри 3Г,  $ZMU_{\text{тепл}}$  і  $ZMU_{\text{хім}}$  (необхідні для розрахунку величин  $M_{\text{заг}}$ ,  $M_{\text{сан}}$ ,  $N_{\text{рят}}$  і  $N_{\text{спец.пож.маш}}$ ) в наш час [1 – 3] визначають шляхом проведення пожежної розвідки в процесі локалізації і гасіння пожежі, що призводить до запізнення введення в дію потрібних сил і засобів угруповання пожежних підрозділів і спричинює збільшення людських і матеріальних втрат. Але таку інформацію можна здобути своєчасно шляхом прогнозування можливого перебігу процесів у зоні горіння ймовірної пожежі. Тому розробка і впровадження інформаційної технології щодо завчасного визначення і відображення можливих значень основних параметрів зони горіння конкретної ймовірної пожежі є ще невирішеною і дуже актуальною задачею.

## 2. Вирішення проблеми

**2.1. Основні положення.** Пожежа – це некероване горіння поза межами спеціально відведеного вогнища, яке може призвести до загибелі і (або) ураження людей (тварин, рослин), значних матеріальних збитків, суттєвого погіршення стану навколишнього природного середовища – НПС. Прийнято виділяти три основні фази розвитку будь-якого виду пожеж: виникнення і поширення полум'я; стає горіння; затухання пожежі.

Горіння – це реалізація фізичних і хімічних процесів з'єднання горючої речовини (ГР) чи горючого матеріалу (ГМ) з окисником (найчастіше з киснем –  $O_2$  повітря оточуючого середовища), яка супроводжується: тепловим випромінюванням і виділенням продуктів повного і неповного згоряння; витрачанням «запасів» ГР чи ГМ і «запасів» окисника. Пожежа може виникнути тільки у тих будівлях, спорудах, технологічних апаратах, інших природних і штучних об'єктах, в яких містяться «запаси» горючих речовин чи матеріалів і «запаси» окисника, а частина простору, де відбуваються процеси горіння, отримала назву – зона горіння (ЗГ) пожежі.

**2.2. Модель зони горіння.** Згідно з вимогами [4] до горючих речовин і матеріалів відносять ті з них, які характеризуються такими параметрами: температура димових газів –  $t_{\text{дим}} \geq 50$  °С; втрата маси при спалюванні –  $S_m \geq 20\%$ ; тривалість самостійного горіння –  $T_{\text{ст}} \geq 10$  с. Горючими є речовини, хімічні з'єднання і матеріали, які мають у складі своєї хімічної формули атоми С, Н, О, N, S, Р, Cl, Br, I, F. До переліку найпоширеніших горючих речовин і матеріалів віднесені [2]: азотна (сірчана, оцтова та ін.) кислота; азотнокислий калій і натрій; алюмінієва (цинкова) пудра; аміак; ацетилен; амоній азотнокислий і марганцевокислий; анілін; асфальт; ацетон; бензол; бром; папір та вироби з нього; вазелін; волокна (бавовняні, льняні, віскозні, лавсанові і т. ін.) та вироби з них; водень і перекис водню; гудрон; деревина і вироби з неї; калій металевий (натрій металевий, магній, терміт та ін.); кальцій і карбід кальцію; каучук і вироби з нього; метан (пропан, природний газ та ін.); аміачна (кальцієва, натрієва) селітра; нафталін, нафта і нафтопродукти; рослинні олії, оліфа, органічні фарби і розчинники; парафін, пластмаси, целофан, целулоїд; гума і вироби з неї; сажа; сіно, солома; скипидар, спирти та ефіри; сірка, сірководень, сірковуглець; вугілля, торф; фосфор, фтор, хлор; руберойд (та інші покрівельні матеріали, просичені бітумом); електрон, етилен; більшість отрутохімікатів; зерно, борошно, цукрова пудра тощо.

З урахуванням викладеного пропонується така модель процесів у ЗГ пожежі. Вказані вище речовини і матеріали, які використані при виготовленні елементів будівель і споруд чи конструктивних елементів технологічного обладнання, або ті, що зберігаються, виробляються чи утворюються в ході технологічних або природних процесів, становлять «запаси» ГМ (ГР) у зоні горіння ймовірної пожежі. Полум'яне горіння на будь-якій елементарній ділянці поверхні «запасів» ГМ може виникнути при одночасній наявності на ній і «хмаринки» хімічної однорідної горючої суміші (з пари ГМ і молекул окисника, найчастіше  $O_2$ ) – ХОГС (з концентрацією горючого матеріалу в ній, яка перевищує нижню концентраційну межу займання – НКМЗ цього ГМ, але не досягає його верхньої концентраційної межі займання – ВКМЗ) і досить потужного джерела запалювання – ДЗ. Джерелами запалювання можуть стати: відкритий вогонь або іскри; електричний розряд (наприклад, внаслідок закорочення електропроводів, накопичення зарядів статичної електрики, блискавки і т. ін.); розігріті поверхні, тощо. Для підтримання сталого горіння в процесі займання «запасів» ГМ потужність ДЗ повинна бути достатньою для перетворення хімічно неоднорідної горючої суміші у хімічно однорідну (шляхом випаровування твердих і рідких ГМ та «перемішування» їх пари з молекулами окисника), а також для підвищення температури описаної вище «хмаринки» до значення температури самоспалахування –  $t_{\text{самосп. конкр}}$  конкретного ГМ, на основі якого утворюється ХОГС.

Описане призводить до виникнення однофакельного гомогенного горіння. Місце утворення первинного факела полум'я пожежі називається центром займання (ЦЗ). Первинний факел полум'я являє собою тонкостінну просторову оболонку (у формі веретена) з розжарених мікрочастинок продуктів згоряння, кожна з яких є своєрідним елементарним генератором електромагнітних хвиль в діапазоні інфрачервоного, видимого і ультрафіолетового випромінювання (залежно від величини особистої температури кожної з мікрочастинок –  $t_{\text{особ. мікрочаст.}}$ ). Оскільки розміри зазначених мікрочастинок значно менші довжини випромінюваних хвиль, то можна вважати, що діаграма спрямованості кожного з елементарних генераторів подібна до сфери. Тому частина електромагнітної енергії кожного з елементарних генераторів обов'язково досягає інших (прилягаючих до первинного факела полум'я) ділянок поверхні «запасів» ГМ і наводить на них струми електропровідності або електрозміщення. Дія цих електричних струмів спричинює розігрів «опромінюваних» ділянок поверхні «запасів» ГМ до температури його випаровування. Утворені розігріті мікрочастинки пари ГМ, змішуючись з молекулами окисника, утворюють нові «хмаринки» ХОГС, які надходять у первинний факел полум'я. Спалахування все нових порцій ХОГС призводить до збільшення розмірів первинного факела полум'я, а, отже, і до поширення фронту вогню аж до повного охоплення ним всієї доступної поверхні «запасів» ГМ. При цьому постійно діючим ДЗ стає факел полум'я.

Результатом описаних процесів є перехід від полум'яного гомогенного горіння до дифузійного ламінарного полум'яного горіння. Коли фронт вогню переміститься від ЦЗ на відстань понад 0,3 м, горіння від дифузійно-ламінарного (з веретеноподібним факелом) переходить у дифузійно-турбулентний режим, який характеризується роздрібненням верхньої частини факела на кілька водночас існуючих «язиків» (підфакелів), що прилягають один до одного, безперервно змінюючи свою форму і лінійні розміри, тобто утворенням «об'єднаного факелу» полум'я пожежі. Отже впродовж першої фази конкретної пожежі («виникнення і поширення полум'я») зростають лінійні розміри та відбувається «формування» основних параметрів її зони горіння (рис. 1).

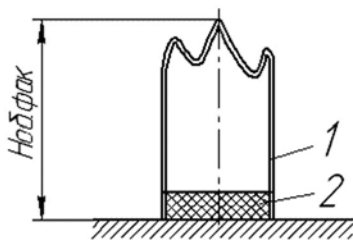


Рис. 1. Зона горіння: 1 – «об'єднаний факел» полум'я; 2 – «запаси» горючих матеріалів

Тривалість першої фази конкретної пожежі рекомендується визначати, використовуючи співвідношення

$$T_{\text{перш. фаз. конкр}} \leq \frac{L_{\text{пов. ГМ max конкр}}}{V_{\text{пов. ГМ конкр}}}, \quad (1)$$

де  $T_{\text{перш. фаз. конкр}}$  – тривалість першої фази конкретної пожежі, с;  $L_{\text{пов. ГМ max конкр}}$  – величина найбільшого з геометричних розмірів поверхні «запасів» ГМ у зоні горіння конкретної пожежі, м;  $V_{\text{пов. ГМ конкр}}$  – швидкість розповсюдження полум'я поверхнею «запасів» ГМ у ЗГ конкретної пожежі, м/с.

Слід відзначити, що величина  $V_{\text{пов. ГМ}}$  залежить згідно з [5] від виду та агрегатного стану горючого матеріалу, його здатності до спалахування, початкової температури, ступеня подрібнення, величини кута нахилу поверхні «запасів» ГМ та інших чинників. Так, для хімічно однорідних газокисневих, газо-, паро- і пилоповітряних горючих сумішей  $V_{\text{пов. ГМ}} = 10^2 \dots 10^5$  м/с. Для горючих рідин  $V_{\text{пов. ГМ}} = 10^1 \dots 10^2$  м/с. Для твердих ГМ швидкість поширення полум'я горизонтальною поверхнею «запасів» ГМ становить 2...7 м/с (при цьому швидкість поширення полум'я вертикально вниз вдвоє менша, а вертикально догори у вісім – десять разів більша). При цьому величина  $T_{\text{перш. фаз. конкр}}$  буде найменшою (а умови для гасіння пожежі – найнесприятливішими) у разі виникнення ЦЗ у місці розташування геометричного центра «запасів» ГМ.

Особливості утворення «об'єднаного факелу» полум'я і формування основних параметрів зони горіння притаманні пожежам у будівлях і спорудах з кількома будівельними елементами які містять ГМ (рис. 2).

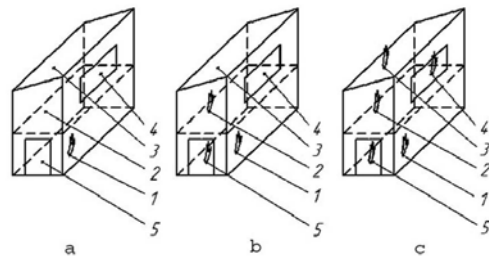


Рис. 2. Розвиток пожежі у будівлі:

- a – займання та охоплення вогнем підлоги – 1;
- b – займання (ініційоване тепловим випромінюванням палаючої підлоги) та охоплення вогнем перекриття – 2 і заповнення дверних отворів – 5; c – займання (ініційоване тепловим випромінюванням палаючого перекриття) та охоплення вогнем покрівлі – 3 і заповнення віконних отворів – 4 з утворенням «об'єднаного факела» полум'я пожежі в будівлі

Збільшення розмірів первинного факела полум'я є одночасно збільшенням кількості його елементарних генераторів. Це спричинює зростання сумарної густини потужності потоку теплового випромінювання первинного факела полум'я палаючого будівельного елемента 1 –  $I_{\text{сум. тепл. випр 1}}$ . При цьому значення величини густини потужності вказаного потоку у будь-якій i-й точці простору навколо первинного факелу –  $I_{\text{сум. тепл. випр 1-i}}$ , прямо пропор-

ційне четвертому ступеню температури факелу  $t_{\text{фак.перв}}$  і зворотно пропорційне квадрату відстані цієї точки від факелу –  $r_{i-1}$ .

Якщо величина  $I_{\text{сум.тепл.випр1-i}}$  у  $i$ -й точці на поверхні, наприклад, будівельного елемента 2 (виконаного з ГМ<sub>2</sub>) буде достатньою для виникнення «хмаринки» ХОГС<sub>2</sub> та її підпалювання, то виникне горіння другого будівельного елемента, що може ініціювати згодом загоряння інших будівельних елементів будівлі (рис. 2, а, b і с відповідно). Це призводить до охоплення вогнем всієї будівлі з утворенням «об'єданого факелу» полум'я пожежі.

Згідно з [6] тривалість першої фази таких пожеж –  $T_{\text{перш.фаз.конкр}}$  становить: для будівель і споруд IV і V ступенів вогнестійкості – до 60 хв; для будівель і споруд III ступеня вогнестійкості – до 90 хв; для будівель і споруд I і II ступенів вогнестійкості – до 120 хв.

Вважають, що в кінці першої фази завершується формування зони горіння пожежі, а її основні параметри залишаються майже незмінними впродовж фази «стале горіння».

«Об'єднаний факел» полум'я і «розташовані під ним» у просторі «запаси» ГМ утворюють просторову об'ємну геометричну фігуру ЗГ конкретної пожежі. Форма, геометричні розміри і просторове розташування основи вказаної геометричної фігури об'ємної зони горіння визначаються такими ж параметрами горючих елементів будівлі, споруди, інших видів «розміщення» розгерметизованих «запасів» ГМ [7]. Наприклад, у разі пожежі, супроводжуваної горінням твердих горючих матеріалів, форма, геометричні розміри і просторове розташування основи просторової об'ємної зони горіння пожежі збігаються з відповідними параметрами горизонтальної проекції будівлі, споруди (з вмістом твердих ГМ) або штабелю (піддону, полиці, іншого пристосування) для складування твердих ГМ.

У разі пожежі на розгерметизованій цистерні з горючою рідиною (або горючою рідиною розлитою у піддон) форма, геометричні розміри і просторове розташування основи просторової об'ємної ЗГ збігаються з такими ж параметрами горловини цистерни (або піддона). У разі пожежі з горінням горючої рідини, розлитої на горизонтальну поверхню, основу просторової об'ємної ЗГ подають як «калюжу» глибиною 0,05 м у формі круга, діаметр якої визначають за формулою

$$d_{\text{кал}} = 2 \left( m_{\text{ГР.ід}} / \rho_{\text{ГР.ід}} 0,05 \right)^{0,5}, \quad (2)$$

де  $d_{\text{кал}}$  – величина діаметра «калюжі» розлитої горючої рідини, м;  $m_{\text{ГР.ід}}$  – маса «запасів» горючої рідини, кг;  $\rho_{\text{ГР.ід}}$  – густина горючої рідини, кг/м<sup>3</sup>.

У разі пожежі, супроводжуваної горінням витоку горючого газу, основу просторової об'ємної ЗГ подають у формі круга, діаметр якого визначають за формулою

$$d_{\text{осн}} = 5d_{\text{тр}}, \quad (3)$$

де  $d_{\text{осн}}$  – діаметр основи просторової об'ємної ЗГ, м;  $d_{\text{тр}}$  – діаметр труби газопроводу (технологічної системи, апарату, газгольдера і т. ін.), м.

Рис. 3, а, b, c відображають просторові геометричні фігури об'ємних зон горіння у разі пожежі на будівлі (рис. 3, а), пожежі у разі розливу горючої рідини на підстеляючу поверхню (рис. 3, b) і пожежі у разі несанкціонованої розгерметизації газопроводу (рис. 3, c) відповідно.

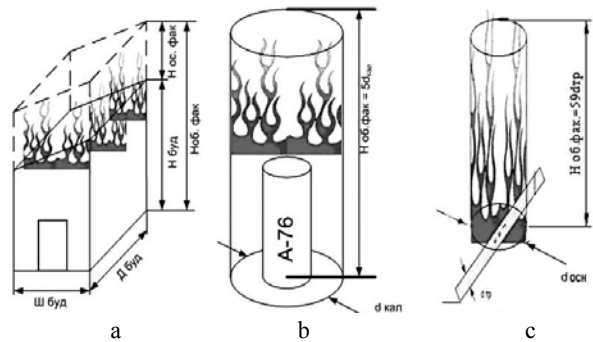


Рис. 3. Види пожеж:

а – пожежа у будівлі; b – пожежа з горінням горючої рідини, розлитої у «калюжу» на горизонтальну підстеляючу поверхню; c – пожежа у разі несанкціонованої розгерметизації газопроводу

На рис. 4, а, b і c відображені центри займання (ЦЗ) – 1 та горизонтальні проекції зон горіння (ЗГ) – 2 вказаних пожеж. Їх відображають на плані досліджуваного пожежонебезпечного об'єкта за допомогою тактичного знака «ЦЗ» червоного кольору у вигляді круга діаметром 5 мм і тактичного знака червоного кольору «зона горіння – ЗГ» у вигляді замкненої штрихової лінії, яка «повторює» форму і геометричні розміри горизонтальної проекції будівлі («калюжі») розлитої горючої рідини, витоку горючого газу) тощо. Внутрішнє поле цього тактичного знака заштриховують нахиленими паралельними лініями.

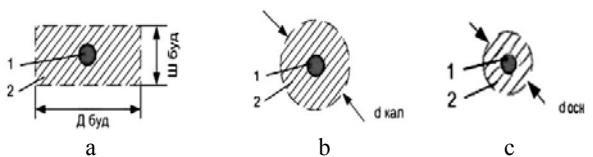


Рис. 4. Зони горіння пожеж:

1 – тактичний знак «ЦЗ»; 2 – тактичний знак «ЗГ»; а – ЗГ пожежі у будівлі; b – ЗГ пожежі горючої рідини, розлитої у «калюжу» на горизонтальну підстеляючу поверхню; c – ЗГ пожежі у разі розгерметизації газопроводу

Висота просторової об'ємної геометричної фігури зони горіння, тобто висота «об'єданого факелу» полум'я конкретної пожежі у будівлі (споруді), всі або кілька елементів якої виготовлені з ГМ, визначається за формулою

$$H_{\text{ЗГ конкр}} = H_{\text{об.фак.конкр}} = (h_{\text{розт.ел.конкр i}} + h_{\text{ос.фак.конкр i}}) \max, \quad (4)$$

де  $H_{3Г\text{конкр}}$  – висота зони горіння конкретної пожежі, м;  $H_{об.фак.конкр}$  – висота «об'єднаного факелу» полум'я конкретної пожежі, м;  $h_{розт.ел.конкрі}$  – висота розташування конкретного і-го елемента будівлі (споруди), де може виникнути пожежа, м;  $h_{ос.фак.конкрі}$  – висота «особистого» факела конкретного і-того елемента (виконаного з ГМ) будівлі (споруди), де може виникнути пожежа, м;  $(h_{розт.ел.конкрі} + h_{ос.фак.конкрі})_{\max}$  – максимальне (серед всіх елементів об'єкта) значення висоти (над земною поверхнею) вершини «особистого» факела полум'я конкретного і-го елемента будівлі (споруди), де може виникнути пожежа, м.

За результатами теоретичних досліджень [8], висота «особистого» факела полум'я конкретного елемента пропорційна інтенсивності тепловиділення, кВт, у процесі його вигорання

$$H_{ос.фак.конкр.ел} \sim \left( \frac{m_{ГМ\text{конкр.ел}} \cdot H_{Т\text{конкр.ел}}}{T_{виг.конкр.ел}} \right)^{2/3}, \quad (5)$$

де  $H_{ос.фак.конкр.ел}$  – висота «особистого» факела полум'я конкретного елемента, м;  $m_{ГМ\text{конкр.ел}}$  – маса «запасів» горючого матеріалу конкретного елемента, кг;  $H_{Т\text{конкр.ел}}$  – теплотворна здатність горючого матеріалу цього елемента, Дж/кг;  $T_{виг.конкр.ел}$  – термін вигорання вказаних «запасів» ГМ конкретного елемента, с.

Згідно з даними робіт [9, 10] приблизне значення висоти «об'єднаного факелу» полум'я рекомендується визначати з використанням формул:

– у разі пожежі на дерев'яній будівлі (споруді) або цегляній (залізобетонній) будівлі з покрівлею та заповненням віконних і дверних отворів, виконаними з ГМ

$$H_{об.фак} \approx 1,2 \cdot h_{буд}; \quad (6)$$

– у разі пожежі на цегляній (залізобетонній) будівлі (споруді) з металевою покрівлею і заповненням віконних і дверних отворів, виконаними з ГМ

$$H_{об.фак} \approx h_{буд} + 2 \text{ м}; \quad (7)$$

– у разі горіння штабелів розпилованої деревини

$$H_{об.фак} \approx (1,5 \dots 3) h_{штаб}, \quad (8)$$

де  $H_{об.фак}$  – висота «об'єднаного факелу» полум'я, м;  $h_{буд}$  – висота будівлі (споруди), м;  $h_{штаб}$  – висота штабелю, м.

Приблизне значення висоти «особистого» факела полум'я горючої рідини – ГРід можна визначати з використанням формул:

– при горінні ГРід у цистерні з відкритою горловиною

$$H_{ос.фак.цист} \approx 5 \cdot d_{горл}; \quad (9)$$

– при горінні ГРід, вилитої у піддон цистерни

$$H_{ос.фак.підд} \approx 5 \cdot l_{підд}; \quad (10)$$

– при горінні ГРід, розлитої на горизонтальну поверхню у «калюжу» (глибиною 0,05 м) у формі круга з діаметром  $d_{кал}$ ,

$$H_{ос.фак.кал} \approx 5 \cdot d_{кал}, \quad (11)$$

де  $H_{ос.фак.цист}$ ,  $H_{ос.фак.підд}$ ,  $H_{ос.фак.кал}$  – висота «особистого» факела полум'я при горінні ГРід у цистерні з відкритою горловиною, у піддоні і розлитої у «калюжу» відповідно, м;  $d_{горл}$  – діаметр горловини цистерни, м;  $l_{підд}$  – довжина піддону цистерни, м;  $d_{кал}$  – діаметр «калюжі» ГРід, м.

Приблизне значення висоти факела полум'я горіння горючих газів при виникненні пожежі у результаті несанкціонованої розгерметизації, рекомендується [11] визначати формулою

$$H_{ос.фак.ГГ\text{конкр}} \approx 59 \cdot d_{тр.конкр}, \quad (12)$$

де  $H_{ос.фак.ГГ\text{конкр}}$  – висота «особистого» факела полум'я при горінні горючих газів у разі несанкціонованої розгерметизації трубопроводу, м;  $d_{тр.конкр}$  – діаметр конкретного розгерметизованого трубопроводу, м.

У роботі [2] наведені значення температури «особистих» факелів полум'я –  $t_{ос.фак}$  при горінні конкретних горючих матеріалів. У разі пожежі у будівлі (споруді), елементи якої містять різні горючі матеріали, величину температури «об'єднаного факелу» полум'я такої пожежі визначати за виразом

$$t_{об.фак} = t_{об.фак.конкрі} \max, \quad (13)$$

де  $t_{об.фак}$  – температура «об'єднаного факелу» полум'я пожежі у будівлі (споруді), елементи якої виконані з використанням різних  $ГМ_{конкрі}$ , °С;  $t_{об.фак.конкрі} \max$  – максимальне (серед усіх елементів будівлі) значення температури «особистого» факела полум'я при горінні конкретного  $ГМ_{конкрі}$ , °С.

Тривалість другої фази пожежі («стале горіння»), протягом якої залишаються майже незмінними основні параметри ЗГ, визначати виразами:

$$T_{друг.фаз} \approx T_{виг} = h_{шару\text{зап}ГМ} / V_{лін} \quad (14)$$

$$\text{або} \quad T_{друг.фаз} \approx T_{виг} = q_{тепл.нав} / V_{ваг}, \quad (15)$$

де  $T_{друг.фаз}$  – тривалість другої фази пожежі, с;  $T_{виг}$  – тривалість вигорання «запасів» горючих матеріалів, с;  $h_{шару\text{зап}ГМ}$  – товщина шару «запасів» горючих матеріалів, м;  $q_{тепл.нав}$  – теплове навантаження елементів (з ГМ) будівлі (споруди), штабелів твердих ГМ тощо, кг/м<sup>2</sup>;  $V_{лін}$  – лінійна швидкість вигорання «запасів» ГМ, мм/с;  $V_{ваг}$  – вагова швидкість вигорання «запасів» ГМ, кг/м<sup>2</sup>с.

**2.3. Розробка інформаційної технології.** Викладене у розділі 2.2 дозволило виявити такі основні закономірності щодо виникнення і розвитку ймовірних пожеж, а також щодо визначення основних параметрів їх зони горіння:

– пожежа може виникнути тільки на тих будівлях (спорудах), технологічних системах та ін., до складу яких входять «запаси» ГМ або утворюються (при реалізації технологічних (природних) процесів чи внаслідок аварії) горючі суміші;

– центр займання (ЦЗ) ймовірної пожежі може виникнути тільки на тих елементах досліджуваного об'єкта, де зберігаються, використовуються, переробляються ГМ (або можуть утворитися горючі суміші – ГС) та одночасно може утворитися досить потужне джерело запалювання (ДЗ);

– зона горіння (ЗГ) ймовірної пожежі складається з доступної для вогню і окисника поверхні «запасів» ГМ (ГС) й тонкостінної оболонки «об'єданого факелу» полум'я, яка «опирається» на вказані «запаси» ГМ (ГС);

– тонкостінну оболонку «об'єданого факелу» полум'я утворює величезна кількість розігрітих (до температури факелу полум'я) мікрочастинок продуктів згоряння, кожна з яких є елементарним генератором теплового випромінювання в інфрачервоному, видимому і ультрафіолетовому діапазонах;

– оболонка «об'єданого факелу» полум'я і «запаси» ГМ (ГС) утворюють просторову об'ємну геометричну фігуру зони горіння ймовірної пожежі;

– при відсутності вітру форма, геометричні розміри і просторове розташування горизонтальної проекції об'ємної геометричної фігури ЗГ (тобто основи цієї фігури) повністю збігаються з відповідними параметрами горизонтальної проекції будівлі (споруди, горловини цистерни, піддону цистерни, «калюжі» розлитой ГРід тощо);

– при відсутності вітру форма вертикальних перетинів об'ємної геометричної фігури ЗГ пожежі і висота «об'єданого факелу» полум'я –  $H_{об.фак}$  повністю визначаються видом, агрегатним станом і величиною маси –  $m_{ГМ}$  (або величиною теплового навантаження –  $q_{тепл.нав}$ ) «запасів» ГМ (ГС), величиною їх теплотворної здатності –  $H_T$ , а також формою і геометричними розмірами основи об'ємної ЗГ ймовірної пожежі;

– просторова об'ємна зона горіння є джерелом уражальних чинників пожежі (УЧП), а величини основних параметрів ЗГ (тобто форма і геометричні розміри її горизонтальної проекції, висота і температура «об'єданого факелу» полум'я та ін.), які визначають інтенсивність впливу УЧП, досить коректно розраховують з використанням виразів (2)...(13).

Розроблення інформаційної технології – ІТ<sub>1</sub> щодо визначення і відображення основних параметрів зони горіння ймовірної пожежі передбачає завчасне створення «Характеристики досліджуваного пожежонебезпечного об'єкта – ХДО», а також електронних копій «Карток очікуваної пожежної обстановки...» і електронних копій документа «Прогнозовані параметри зони горіння ймовірної пожежі» (за числом будівель, споруд, технологічних систем та ін., розташованих на території ПНО) та почергове

виконання операцій інформаційних моделей (ІМ<sub>11</sub>, ІМ<sub>12</sub>, ІМ<sub>13</sub>, ІМ<sub>14</sub>, ІМ<sub>15</sub>, ІМ<sub>16</sub>, ІМ<sub>17</sub>, ІМ<sub>18</sub>, ІМ<sub>19</sub>) згідно з алгоритмом, відображеним на рис. 5.

«Характеристика досліджуваного пожежонебезпечного об'єкта – ХДО» складається за результатами обстеження і вимірювання кожного із фактично існуючих (після проведення останнього ремонту, добудови та ін.) будівельно-конструктивних елементів кожної з будівель (споруд, технологічних систем та ін.), розташованих на території цього ПНО.

Вона повинна містити опис основних відомостей щодо форми, геометричних розмірів і просторового розташування кожного з таких елементів з вмістом «запасів» ГМ, виду, агрегатного стану, маси та інших теплофізичних характеристик вказаних ГМ, а також необхідні таблиці і довідкові матеріали.

Кожна з електронних копій «Картки очікуваної пожежної обстановки...» (ЕК «Картки...») є:

– електронний варіант заголовку бланка – «Картка очікуваної пожежної обстановки, що може виникнути на території (повна назва досліджуваного ПНО) у результаті пожежі на (номер і назва конкретної будівлі, споруди, технологічної системи і т. ін. ДПНО)»;

– розміщений на тому ж бланку (під вказаним заголовком) електронний варіант Плану досліджуваного ПНО;

– «прив'язану» до зазначеного Плану електронну «координатну мережу» (з метою подальшого використання цієї «мережі» для визначення координат кожної з конкретних будівель (споруд і т. ін.) ДПНО, а також відображення на Плані відповідних тактичних знаків і пояснювальних написів).

Кожна з електронних копій документа «Прогнозовані параметри зони горіння ймовірної пожежі» (ЕК «ППЗГ») являє собою:

– електронний варіант заголовку документа «Прогнозовані параметри зони горіння ймовірної пожежі на (номер і назва конкретної будівлі, споруди, технологічної системи і т.ін. ДПНО);

– розміщений на тому ж бланку (під вказаним заголовком) електронний варіант тестової табл. 1.

Роздруковані ЕК «Картки...» і ЕК «ППЗГ» стають основою для створення «Оперативного плану гасіння пожежі» у разі її виникнення на конкретній будівлі (споруді і т. ін.) ДПНО, який є основним документом керівника гасіння пожежі (КГП) з організації бойових дій підпорядкованих йому сил і засобів угруповання пожежних підрозділів.

Таблиця 1

Прогнозовані параметри ЗГ пожежі

№ рядків	Тестові завдання	Результати тестування
1	Чи входять до складу чергової будівлі (споруди і т. ін.) «запаси» ГМ?	«Ні» або «Так, пожежа ймовірна»
2	Назва ГМ? Агрегатний стан ГМ?	«Назва ГМ - ...», «Агрегатний стан ГМ...»
3	Можливі форма, геометричні розміри і величина площі горизонтальної проекції ЗГ ймовірної пожежі?	«Форма ЗГ...» «Розміри ЗГ = ...м», « $S_{ЗГ.гориз.пр} = ...м^2$ »
4	Можлива величина $H_{об.фак}$ ?	« $H_{об.фак} = ...м$ »
5	Можлива величина $t_{об.фак}$ ?	« $t_{об.фак} = ...C^{\circ}$ »

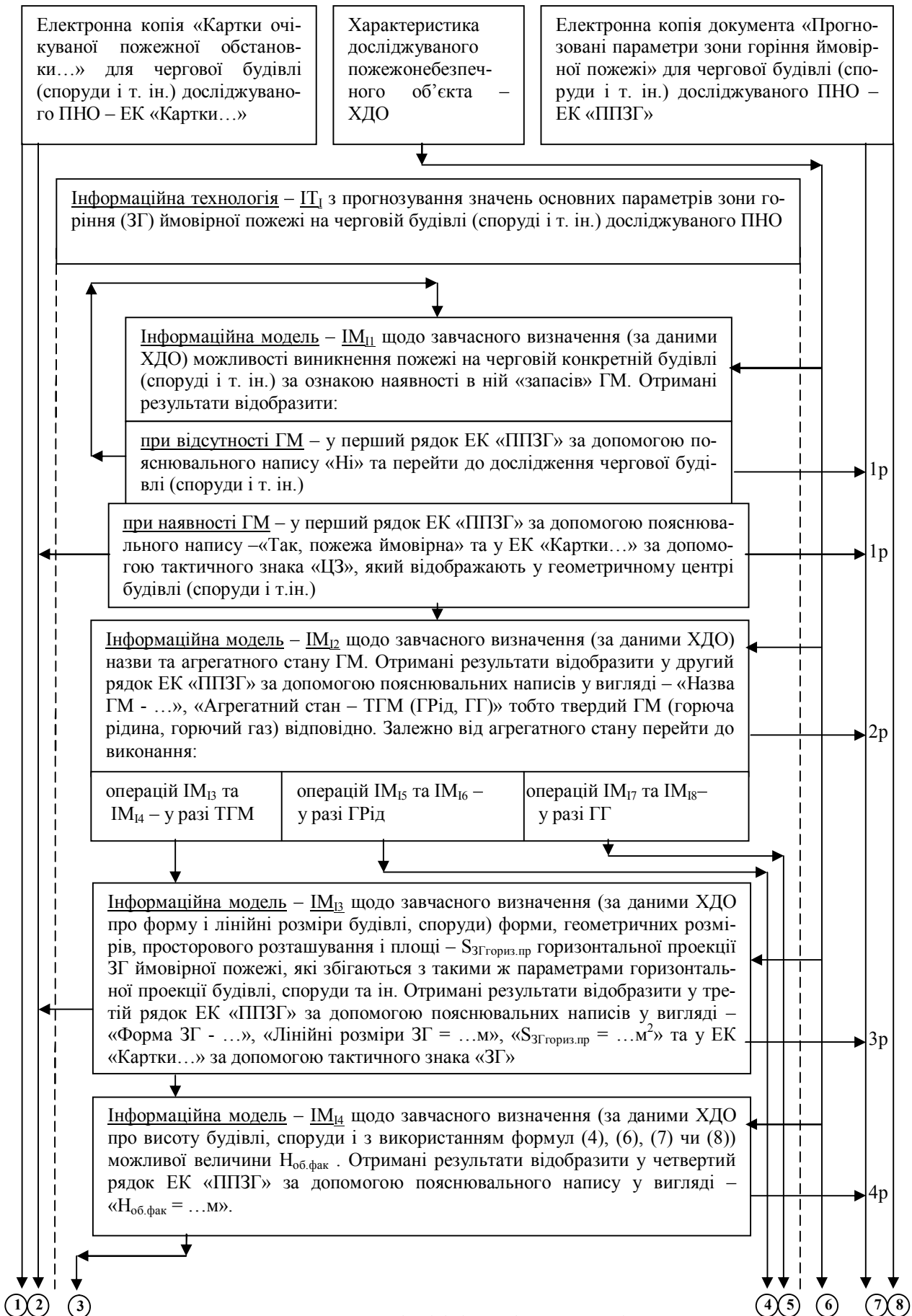


Рис. 5 Алгоритм реалізації інформаційної технології – ІТ<sub>1</sub>

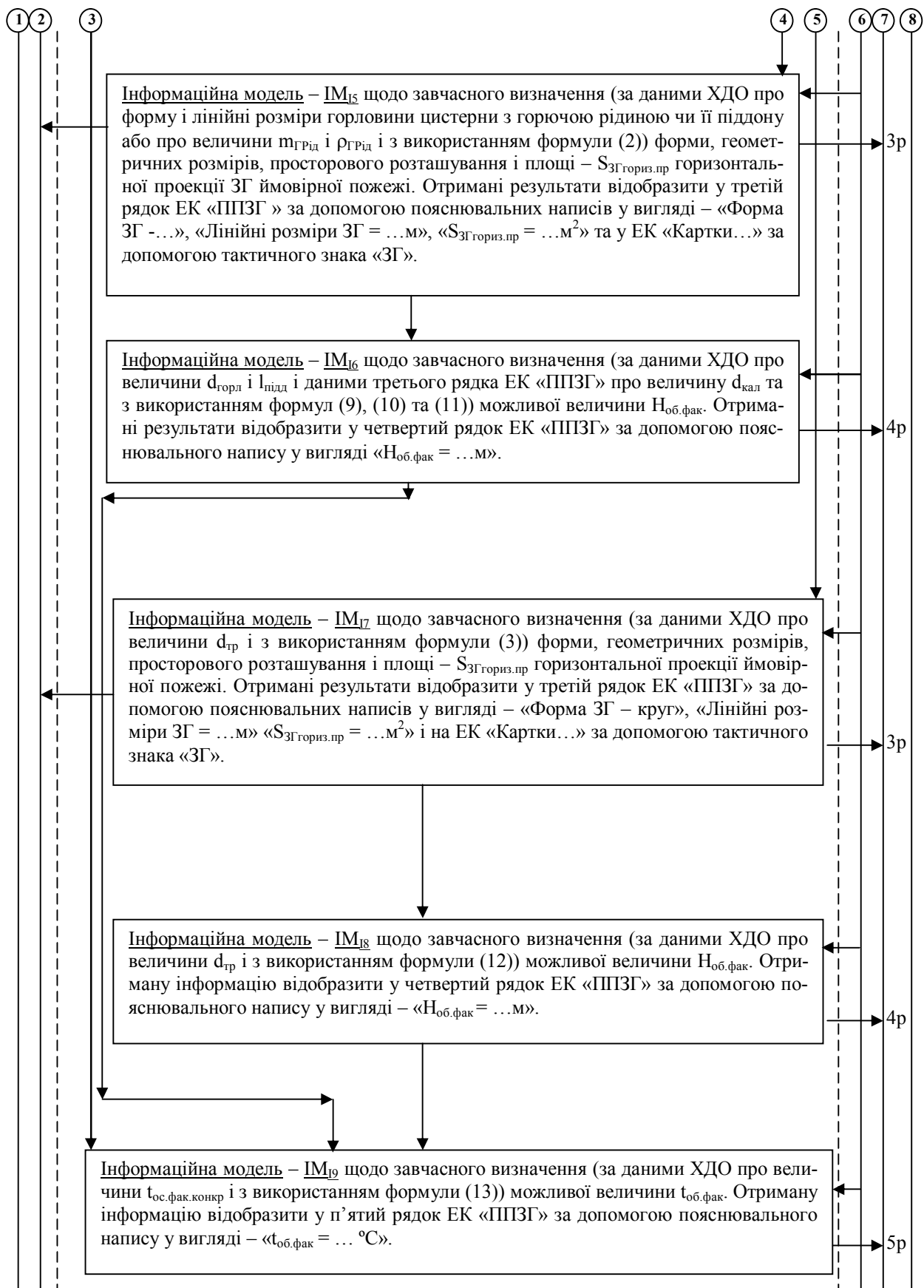


Рис. 5 Алгоритм реалізації інформаційної технології – ІТ<sub>1</sub> (закінчення)



### Прикінцеві положення

Інформаційна технологія ІТ<sub>1</sub>, розроблена на основі запропонованої автором моделі процесів у зоні горіння ймовірної пожежі, дозволяє завчасно визначити значення  $N_{об.фак}$ ,  $t_{об.фак}$ ,  $S_{ЗГ гор.пр}$  та інших основних параметрів ЗГ. Здобута інформація щодо можливих величин вказаних основних параметрів ЗГ забезпечує можливість завчасного визначення форми, геометричних розмірів і просторового розташування зони можливого ураження тепловим випромінюванням –  $ЗМУ_{тепл}$  і зони можливого ураження внаслідок задимлення і хімічного забруднення –  $ЗМУ_{хім}$  у разі пожежі на конкретній будівлі, споруді, іншому штучному або природному об'єкті. Впровадження у практику органів управління і сил Державної пожежної охорони вказаної інформаційної технології сприятиме підвищенню пожежної безпеки об'єктів господарювання.

### Список літератури

1. Буравльов Є.П., Клевська В.Л. Екологічні та соціально – економічні наслідки пожеж // Екологія і ресурси. – 2006. – Вип. 15. – С. 128-131.
2. Иванников В.П., Ключ П.П. Справочник руководителя тушения пожара. – М.: Стройиздат, 1987. – 289 с.

3. Пожежна тактика: Підручник / П.П. Ключ, В.Г. Палюх, В.Г. Пустовой та ін. – Х.: Основа, 1998. – 592 с.
4. НАПБ А.01.001 – 95. Правила пожежної безпеки в Україні. – Із змінами, введеними в дію наказом МВС України від 5.03.2002 р. № 217; зареєстровано в Міністерстві України 26.03.2002 р. № 297/6585. – К.: Основа, 2002. – 176 с.
5. Безопасность жизнедеятельности / С.В. Белов, А.В. Ильницкая, А.Ф. Козьяков и др.; Под общ. ред. С.В. Белова. – М.: Высшая школа, 2001. – 485 с.
6. Справочник по противопожарной службе гражданской обороны. – М.: Воениздат, 1982. – 144 с.
7. Яковлев Л.Б., Кобрин В.М., Клевська В.Л. Техногенна безпека. – Х., 2002. – 85 с.
8. Драйздел Д. Введение в динамику пожаров. Пер. с англ. – М.: Стройиздат, 1990. – 424 с.
9. Пожарная безопасность. Взрывобезопасность. Справочник / А.Н. Баратов, Е.Н. Иванов, А.Я. Корольченко и др. – М.: Химия, 1987. – 272 с.
10. Алексеев М.В., Демидов П.Г., Ройтман М.Я. Основы пожарной безопасности. – М.: Высшая школа, 1971. – 248 с.
11. Бесчастнов М.В., Соколов В.М. Предупреждение аварий в химических производствах. – М.: Химия, 1979. – 392 с.

Надійшла до редколегії 4.06.2007

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. Г.Я. Красовський, Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», Харків.