

УДК 681.5.007:614.8

*О.Ф. Нікулін, д-р техн. наук, С.М. Чумаченко, д-р техн. наук, ст. наук. співроб.,  
В.С. Кропивницький*

## **КОНЦЕПТУАЛЬНІ ПІДХОДИ ДО ЗАСТОСУВАННЯ АЕРОДРОМНИХ РОБОТИЗОВАНИХ КОМПЛЕКСІВ ДЛЯ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ НА ПОВІТРЯНИХ СУДНАХ**

У статті розглядаються концептуальні підходи до застосування роботизованих комплексів для гасіння пожеж повітряних суден в аеропортах. Запропоновано сценарний підхід до формування тактико-технічних вимог до роботизованих комплексів для гасіння таких пожеж.

*Ключові слова:* роботизовані комплекси, гасіння пожеж, повітряні судна.

*A. Nikulin, Doc. of Sc. (Eng.), S. Chumachenko, Doc. of Sc. (Eng.), Sen. St. Sc., V. Kropyvnytskyi*

## **CONCEPTUAL APPROACHES TO THE USE OF AIRPORT ROBOTIC SYSTEMS FOR FIRES EXTINGUISHING ON AIRCRAFT**

The article considers conceptual approaches to the use of robotic systems for fires extinguishing on aircrafts. Also considered a scenario approach to the formation of the tactical and technical requirements to robotic systems for extinguishing fires on aircraft.

*Keywords:* robotic systems, fires extinguishing, aircrafts.

**Постановка проблеми у загальному вигляді.** На сучасному етапі розвиток цивільної авіації характеризується зростанням пасажирських і вантажних перевезень, розширенням мережі авіаліній, формуванням парку повітряних суден нового покоління. Серед комплексу проблем безпеки польотів помітне місце посідає аварійно – рятувальне та протипожежне забезпечення повітряних суден (ПС). Очевидно, що присутність людей на борту ПС під час пожежі висуває особливі вимоги до тактики та ефективності її гасіння.

Наведемо такий приклад [1]. У жовтні 1986 р. в аеропорту «Курумоч» в результаті грубої посадки літака Ту-134 сталося руйнування конструкції ПС (напівкрила, елементів паливної і гідравлічної систем). Запалали горючі рідини. На місці зупинки літака виникла пожежа. По мірі розтікання пожежонебезпечних рідин вогонь поширився на площі близько 150 м<sup>2</sup> під фюзеляжем і крилом. Через розлом фюзеляжу полум'я проникло всередину літака. Три пожежних аеродромних автомобілі, які прибули до місця аварії, розпочали гасіння через (2 – 2,5) хв з лафетних стволів піною на основі піноутворювача ПО – 1Д. Локалізація зовнішньої пожежі тривала в цілому 7,5 хв, потім протягом близько (1,5 – 2) хв внутріфюзеляжну пожежу було ліквідовано. Евакуація пасажирів проводилась в основному після закінчення гасіння. На місці катастрофи загинули 62 особи (з них 5 осіб від травм, отриманих під час посадки), 32 особи були евакуйовані в лікувальні установи.

Під час гасіння пожеж ПС в умовах аеродромів робота пожежників стала більш небезпечною внаслідок ускладнення авіаційної техніки у зв'язку з тим, що відбувається перехід до масової експлуатації повітряних засобів з великою місткістю пасажирів (до 350 – 500 осіб і більше).

Зі збільшенням розмірів літаків збільшується і ймовірність пожеж у післяаварійних ситуаціях. У разі аварій літаків з довжиною фюзеляжу до 30 м пожежі виникали більш ніж у 60 % випадків. А для літаків довжиною фюзеляжу більше 30 м цей показник досягає 85%.

Не розв'язана повною мірою і проблема захисту пожежників від дії променистих потоків полум'я під час гасіння надскладних пожеж у зоні аеродромів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Як свідчать вітчизняні та зарубіжні наукові публікації про авіаційні події [1, 2, 3], загоряння можуть виникати на всіх етапах наземної експлуатації повітряного транспорту: на зльоті та посадці, при технічному обслуговуванні ПС і в разі авіаційної катастрофи. Однак найбільша кількість аварій або катастроф, що зумовлені пожежами, відбувається в районі аеродромів.

Статистичні дані ІКАО про катастрофи ПС у світі свідчать, що із загальної кількості жертв близько (40 – 45) % бувають обумовлені задухою і отруєнням токсичними газами в результаті післяаварійної пожежі (якщо удар об землю безпосередньо не призводив до загибелі людей).

Для протипожежного захисту в авіаційній галузі за сучасних умов існує нагальна необхідність створення принципово нової пожежної техніки, що дозволить зменшити часові показники гасіння пожеж, зосередити подачу вогнегасних речовин безпосередньо в зону горіння, підвищити безпеку оперативних працівників протипожежної служби під час роботи на пожежах, створити необхідні умови для забезпечення їх працездатності в екстремальних умовах. Розв'язати ці завдання можливо за рахунок удосконалення існуючої аеродромної техніки, а також на більш високому якісному рівні, використовуючи пожежну робототехніку нових поколінь. Як свідчить аналіз іноземних та вітчизняних наукових публікацій в галузі пожежної робототехніки, в авіаційній галузі існує певна невивченість цієї проблеми у сфері інтелектуальних робототехнічних систем [1-6].

Перший досвід створення в нашій країні мобільних роботизованих протипожежних комплексів (МРПК) припадає на 1987 рік, коли було прийнято 152 рішення комісії з військово-промислових питань при Раді Міністрів СРСР для ліквідації аварій, подібних катастрофі на Чорнобильській АЕС. Відповідно до цієї постанови були розроблені дистанційно керовані гусеничні машини важкого класу на базі танків Т-55 (рис. 1). Однією з таких машин є мобільний комплекс «Сойка», на якому встановлений механізований водопінний лафетний ствол з дистанційним електроприводом і витратою 100 кг / с [8].

Подача водопінних складів здійснюється по рукавній лінії від насосної станції. Управління рухом і роботою ствола, а також передача телеметричної інформації (відеоспостереження, радіаційна та хімічна розвідка) здійснюються по радіо- чи провідному каналу. Також було передбачено управління комплексу оператором, що знаходиться в танку.

Аналіз робіт з розробки МРПК в ближньому зарубіжжі підтвердив активну роботу в цьому напрямку в МНС Росії. З метою розвитку і впровадження робототехнічних технологій була розроблена і затверджена Програма створення та впровадження робототехнічних засобів для розв'язання завдань МНС. Вона удосконалювалась з урахуванням змін і доповнень, що відображають потреби Міністерства в оснащенні робототехнічними системами, у тому числі протипожежними робототехнічними комплексами.

Дослідження російських науковців, що виконані для реалізації цієї мети різними науковими центрами та компаніями в галузі робототехніки [7], показали, що створення багатоелементного угруповання мобільних роботів, які діють як єдиний взаємозалежний комплекс під час гасіння пожежі на аеродромі, є одним з основних завдань щодо розроблення ефективної інтелектуальної технології, здатної працювати в екстремальних умовах, зокрема під час ліквідації складних НС.



Рисунок 1 – Роботизований мобільний комплекс «Сойка»

*Метою* цієї публікації є розроблення концептуальних підходів до створення та застосування в Україні мобільних аеродромних робототехнічних комплексів для гасіння пожеж на повітряних суднах.

**Виклад основного матеріалу.** Перспективним напрямом удосконалення пожежної техніки для гасіння пожеж є створення пожежних роботів, за допомогою яких можна здійснювати цілодобовий контроль об'єктів, оперативну розвідку і оцінку пожежної обстановки, гасіння загорянь, охолодження технологічного обладнання та будівельних конструкцій, проведення аварійно-рятувальних робіт, евакуацію людей із зони пожежі і рятування матеріальних цінностей.

Для ліквідації пожеж, що пов'язані з ризиками загибелі і травматизму особового складу пожежних та аварійно-рятувальних підрозділів, проведення розвідки в осередках виникнення пожеж та доставки у вогнище пожежі вогнегасних засобів призначені мобільні роботизовані протипожежні комплекси (МРПК), основною функцією яких є здійснення :

- 1) розвідки в осередках виникнення пожеж в умовах можливого підвищеного ризику;
- 2) аварійно-рятувальних робіт в зоні пожежі;
- 3) пожежогасіння.

Відповідно до розв'язання завдань під час проведення пожежно-рятувальних операцій були розроблені різні системи класифікації МРПК [8]. Зауважимо, що за середовищем застосування МРПК відносяться до наземних засобів, що оснащені телекеруванням. Класифікація МРПК наведена нижче на рис. 2.

Відповідно до класу завдань:

- 1) розвідка може проводитись із застосуванням

А) ззовні:

- повітряних дронів мультикоптерного типу;
- гібридних БПЛА у вигляді спостережної вишки на базі **коптозмія** чи БПЛА з аеростатичною підтримкою;

Б) всередині повітряного судна:

- дронів у вигляді літаючої тарілки;

- 2) аварійно-рятувальні роботи можуть проводитись із застосуванням:

- наземних вогнезахисних дронів;
- дронів на повітряній подушці;

- 3) пожежогасіння здійснюється із застосуванням наземних дронів на всіх типах транспортної бази.

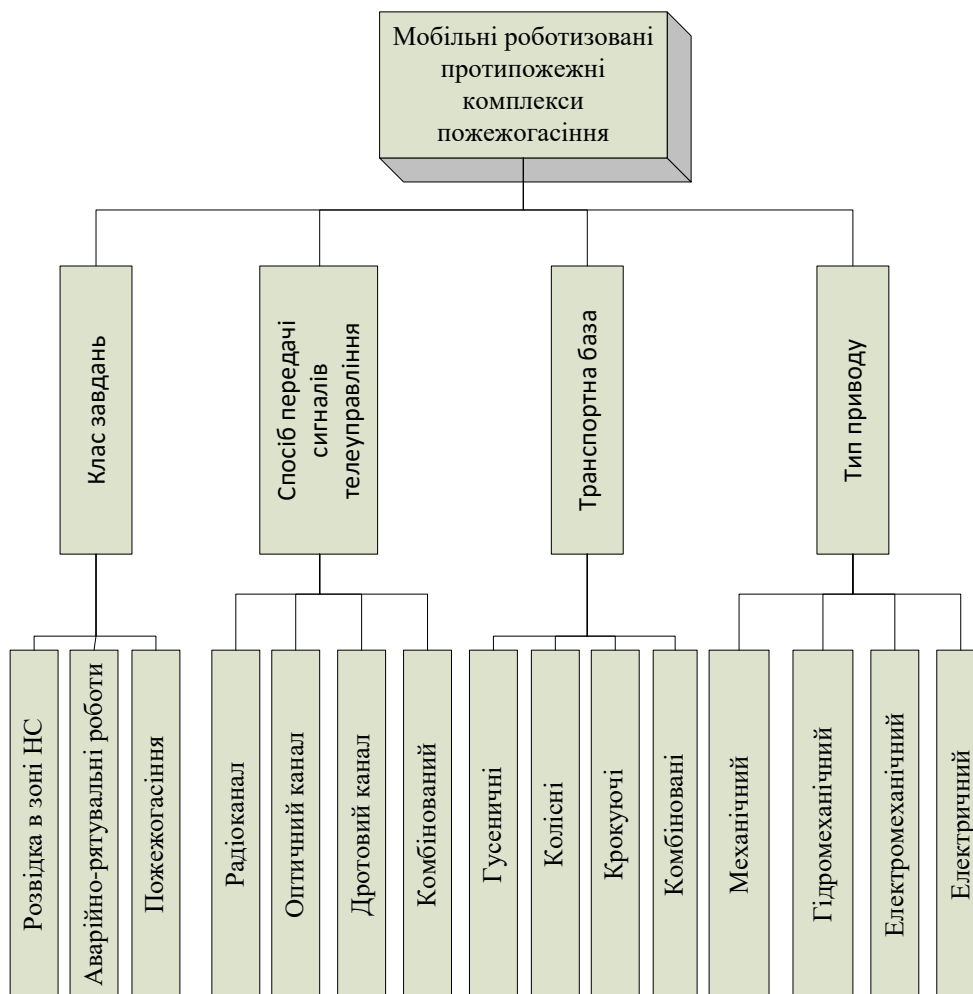


Рисунок 2 – Класифікація роботизованих протипожежних комплексів

На рис. 3, 4, 5 наведено приклади існуючих розробок у галузі пожежної робототехніки.

Тип приводу визначається функціональним призначенням і параметрами типу МРПК і може бути:

- механічним за схемою двигун внутрішнього згоряння (ДВЗ) - механічна трансмісія;
- гідромеханічним за схемою ДВЗ - гідропривід;
- електромеханічним за схемою ДВЗ - електрогенератор - акумулятор - електродвигун;
- електричним за схемою акумулятор - електродвигун.



а



б





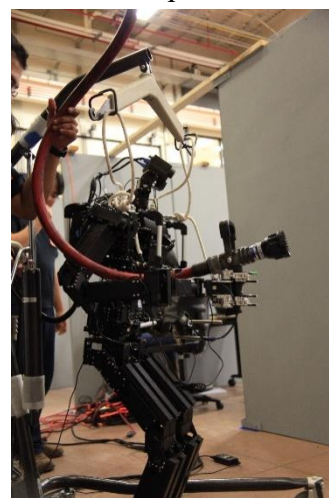
в



г



д



е

Рисунок 3 – Приклади існуючих пожежних роботів:  
а - МРПК Thermite 3.0; б - МРПК «Тропа-3»; в - МРПК МРУП; г - МРПК Anakonda; д-  
МРПК Ялина; е - МРПК Saffir

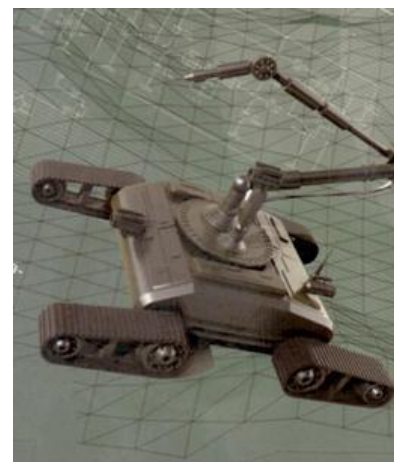
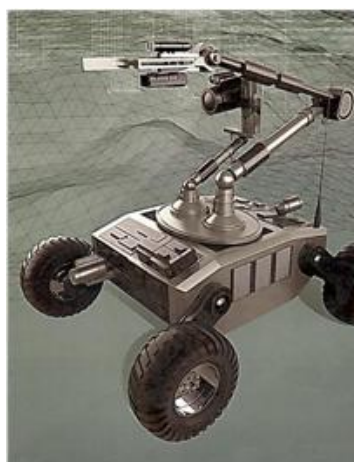


Рисунок 4 – Приклади використання транспортної бази МРПК



Рисунок 5 – Приклади функціонального призначення МРПК

Залежно від функціонального призначення та класу завдань МРПК можуть бути оснащені засобами пожежогасіння, маніпулятором з інструментом, навісним інженерним обладнанням, засобами спостереження та радіаційно-хімічного моніторингу. Обов'язковою умовою комплектації МРПК є наявність засобів теплового захисту в умовах пожежі.

В якості засобів пожежогасіння на МРПК застосовуються модульні (М) або стаціонарні (С) системи.

Модульні системи є возимими пристроями, встановленими безпосередньо на шасі робота, до складу яких входить устаткування для зберігання і подачі вогнегасної речовини в осередок пожежі. Стаціонарні системи представляють пристрої зберігання і транспортування вогнегасної речовини, що знаходяться в безпечному місці, і пристрої для подачі вогнегасної речовини в осередок пожежа, встановлені безпосередньо на шасі робота.

В залежності від виду пожежі та чинників небезпеки можливі такі підходи до визначення вимог до МРПК, які можуть застосовуватись в тих чи інших умовах боротьби з вогнем на ПС. Можна виділити такі види пожеж ПС:

- 1) пожежі ПС в розлитому авіапаливі на території аеропорту;
- 2) пожежі всередині фюзеляжу ПС;
- 3) пожежі силових установок ПС;
- 4) пожежі органів приземлення ПС;
- 5) пожежі в ангарах ПС.

Одним із перспективних напрямів розв'язання завдання для формування вимог до ТТХ МРПК є застосування сценарного підходу. Метод сценаріїв знайшов широке розповсюдження у світі при розробці управлінських рішень завдяки тому, що дозволяє оцінити найбільш ймовірний хід розвитку подій і можливі наслідки ухвалюваних рішень. Остаточне формування концепції сценарного підходу до розв'язання завдань наукового прогнозування склалося до середини 60-х років минулого століття [4, 5].

Термін «сценарій» розглядається нами як відносна картина можливого розвитку подій при пожежі на ПС та відповідно до нього вибір типів МРПК і способів їх застосування. Сценарії розвитку типових пожеж на ПС, що розробляються фахівцями, дозволяють з тим або іншим рівнем достовірності визначити можливі тенденції та напрями розвитку МРПК для цієї сфери, взаємозв'язки між зовнішніми та внутрішніми чинниками їх розвитку, сформулювати картину можливих станів ПС та особливості застосування в них МРПК під впливом тих або інших чинників.

Сценарій повинен давати послідовні відповіді на такі питання:

як саме, крок за кроком, може виникати й розвиватись та чи інша гіпотетична пожежа на ПС;

які альтернативні типи МРПК з конкретними ТТХ потрібно застосовувати на кожному етапі розвитку подій для того, щоб ефективно вплинути на даний процес;

які ефективні методи повітряного спостереження та моніторингу потрібно реалізувати тим чи іншим типом БПЛА у разі пожежі на ПС.

Технології сценарного підходу, в нашому випадку, спрямовані на розв'язання п'яти основних проблем:

виділення ключових моментів розвитку пожежі на ПС і розроблення на цій основі варіантів її динаміки;

комплексний аналіз і оцінка кожного з отриманих варіантів, вивчення їх особливостей і можливих наслідків реалізації;

вибір відповідного типу МРПК для реалізації поставлених завдань;

вибір відповідного типу з відповідними ТТХ;

вибір із множини варіантів їх застосування найбільш оптимального за ресурсно-часовими критеріями.

У результаті застосування запропонованих схем та їх аналізу можна отримати різні варіанти конкретних сценаріїв поточного стану і перспектив розвитку обраної моделі складної системи МРПК.

Основні методи генерації сценаріїв прийнято поділяти на неформальні, формалізовані і частково формалізовані. До неформальних належать методи побудови сценаріїв з пріоритетним використанням думки експертів. До формалізованих відносяться методи генерації сценаріїв, що базуються на автоматичній або автоматизованій процедурі. До частково формалізованих належать схеми формалізованої побудови дерева подій пожежі на ПС, що корегуються за допомогою експертних оцінок.

У нашому випадку у типовий сценарій включаються:

- 1) техногенна складова – джерела небезпеки пожежі на ПС;
- 2) природно-техногенна підсистема – повітря, поверхневі води, ґрунти, злітна смуга аеродрому, які розглядаються як середовища розгортання механізмів ліквідації пожежі на ПС;
- 3) МРПК – технічна складова з відповідним корисним цільовим навантаженням, що реалізовує завдання моніторингу і ліквідації пожежі на ПС;
- 4) способи застосування МРПК – технології реалізації типових завдань у сфері цивільного захисту для гасіння пожеж;

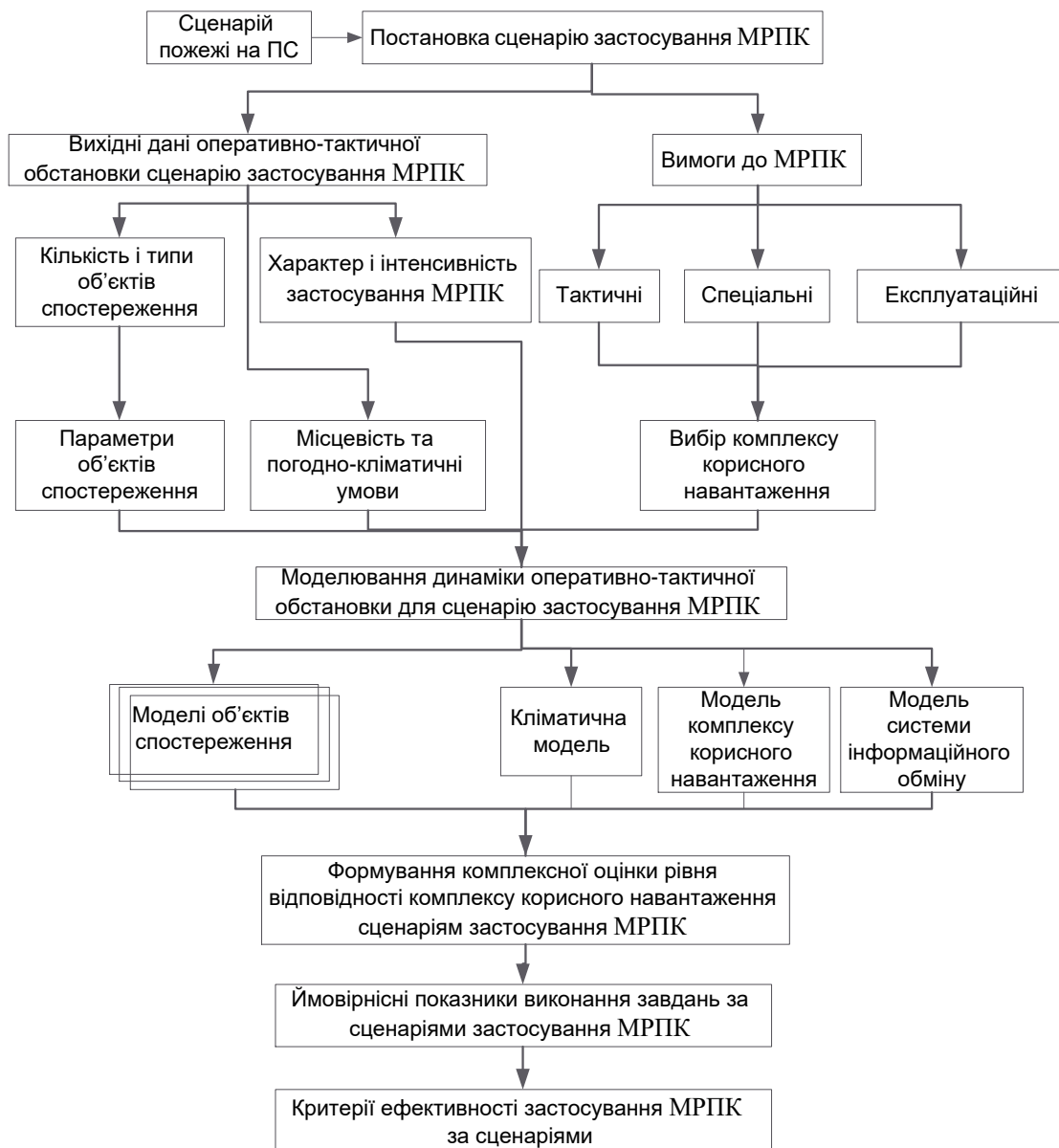


Рисунок 6 – Узагальнена структурно-функціональна схема застосування сценарного підходу до обґрунтування ТТХ МРПК та способів їх застосування

Існує декілька підходів до розроблення сценаріїв, але всі вони засновані на трьох загальних положеннях:

- початковим пунктом завжди повинна бути точна оцінка реальної пожежі на ПС, що призводить до розуміння динаміки впливаючих чинників;
- для впливаючих чинників пожежі на ПС з невизначеними тенденціями розвитку повинні бути виконані спеціальні прогнози і зроблені раціональні пропозиції експертів;
- повинна бути розроблена множина альтернативних сценаріїв розвитку пожежі на ПС та відповідних способів застосування МРПК (як мінімум три - песимістичний, оптимістичний і найбільш ймовірний (реалістичний або середній)), що є певною логічною картиною.

Існує два типи сценаріїв розвитку пожежі на ПС. Перший тип містить опис послідовності кроків, що призводять до прогнозованого розвитку пожежі, чинників і подій, що мають вирішальний вплив на цей процес. Другий тип сценаріїв містить опис можливих наслідків для навколишнього середовища, людей і ПС, якщо пожежа на ПС досягне прогнозованого образу.



На рис. 6 представлена структурно-функціональна схема застосування сценарного підходу першого типу сценаріїв в методиці обґрунтування вимог до ТТХ МРПК для розв'язання поставлених завдань.

Оскільки в реальних ситуаціях разом з кількісними змінними використовуються й якісні, передбачається розробка для кожної змінної вербально-числової шкали, що містить як чисельні значення градацій, так і їх змістовний опис.

Змістовний опис дозволяє розширити склад змінних, включаючи в нього змінні, що дійсно відображають характер ситуації застосування МРПК, хоча і не мають кількісної природи. Кількісні значення змінних дозволяють надійніше визначати можливі небезпеки, вимоги до цільового корисного навантаження та ТТХ. Якщо змінні безперервні, то доцільне виділення характерних діапазонів їх значень для використання під час аналізування ситуації застосування МРПК.

Можливі сценарії виникнення пожежі пов'язані з виконанням робіт із оперативного технічного обслуговування ПС на стоянках, а також заправкою і запуском двигунів. Гасіння її в перші 10-15 с після виникнення, як правило, закінчується повною ліквідацією пожежі автоматичними засобами пожежогасіння. Якщо мине 2-3 хв пожежі, то вже необхідно використовувати значні кількості вогнегасних засобів і залучати пожежні команди або МРПК. Тому в зоні стоянок, заправки і особливо запуску двигунів ПС має постійно знаходитись пожежний пост (автомобіль, МРПК та БПЛА (мультикоптер, гібридний БПЛА)), готовий розпочати ліквідації пожежі.

Якщо пожежа на ПС триває більше 2 хв і нею охоплені великі поверхні, необхідно застосовувати МРПК, який повинен доставити повітряно-механічну піну, як найбільш ефективний вогнегасний засіб, до осередків горіння.

#### Висновки

Таким чином, на сьогодні розробка МРПК є перспективним напрямом створення сучасної високоефективної аеродромної пожежної техніки, яка дозволить підвищити рівень безпеки та захищеність персоналу під час гасіння пожеж ПС.

Цей напрям наукових досліджень потребує застосування сучасних підходів як в галузі проектування таких комплексів, так і в галузі розробки сучасних зразків, матеріалів, схем та інформаційно-телекомунікаційних технологій для забезпечення роботи таких роботизованих комплексів, що дозволять значно підвищити ефективність гасіння пожеж ПС на аеродромах.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Повзик Я.С. Пожарная тактика - М. 2004. – 344 с.
2. 2014 NFPA 403: Standard for Aircraft Rescue and Fire-Fighting Services at Airports [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://catalog.nfpa.org/2014-NFPA-403-Standard-for-Aircraft-Rescue-and-Fire-Fighting-Services-at-Airports-P1291.aspx?icid=D482#sthash.Srt9ug0k.dpuf>
3. Дос 9137-І/3 Руководство по аэропортовым службам. Ч. I Спасение и борьба с пожаром. – 3-е изд. 1990
4. Об утверждении Положения о службе аварийно-спасательного и противопожарного обеспечения предприятия гражданской авиации Украины/ Министерство инфраструктуры Украины Положение, Приказ от 27.08.2012 № 525
5. Фреймовая модель представления знаний // Дьяконов В.П., Борисов А.В. Основы искусственного интеллекта. Смоленск, 2007. - С.30
6. Лукашева Э.Г. Архитектоника беспилотных комплексов. Впечатления от выставки «Беспилотные многоцелевые комплексы в интересах ТЭК UVS-TECH-2008» /Э.Г. Лукашева, А.А. Силкин, Н.В. Чистяков: [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://dpla.ru/UVS-TECH-2008.htm>.

7. Анализ робототехники в России [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://www.3e-club.ru/view\\_full.php?%20id=27&name=robotics\\_in\\_russia](http://www.3e-club.ru/view_full.php?%20id=27&name=robotics_in_russia)
8. Пожарная и аварийно-спасательная техника: Учебник. М.Д.Безбородько, С.Г.Цариченко, М.В.Алешков, В.В.Роенко, А.В.Рожков и др. / Под ред.М.Д.Безбородько. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2011. – 546 с.
9. Приймак А.В., Дар’їн Я.В., Стрюк Д.М., Слободянюк А.А. Аналіз доцільності створення та застосування багатофункціональних безпілотних авіаційних комплексів цивільного призначення. / А.В. Приймак, Я.В. Дар’їн, Д.М. Стрюк, А.А. Слободянюк // Системи озброєння і військова техніка. - 2010, № 3(23) – с.142-145
10. Устав тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ пожарной охраны: проект. – Москва: МЧС России, 2004 [Электронный ресурс, Google] // URL: <http://www.pozharnyj.ru/dokumenty/258-ustav-tusheniya-pozharov-i-provedeniya-avarijno.html>
11. Кононов Д.А., Кульба В.В., Малинецкий Г.Г. Сценарии поведения сложных систем в чрезвычайных ситуациях. // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. – 2001, № 5. – С. 4-18.

