

Перспективи розвитку автономних систем пожежогасіння для безпілотних літальних апаратів військового призначення

Дослідження перспектив розвитку автономних систем пожежогасіння для військових БПЛА. Огляд сучасних підходів до інтеграції сенсорних систем, адаптивних алгоритмів і методів гасіння пожеж показує, що ці технології значно підвищують надійність і ефективність БПЛА в бойових умовах, зменшуючи ризик займання і втрат бойових одиниць.

Розвиток безпілотних літальних апаратів (далі - БПЛА) військового призначення відкриває нові горизонти для сучасної війни та забезпечення безпеки. Проте підвищення складності та автономності таких систем вимагає вдосконалення технологій захисту, зокрема пожежогасіння, що є критично важливим для збереження цілісності БПЛА та ефективності виконання завдань. В умовах військових дій пожежі можуть виникати внаслідок бойових пошкоджень, аварій або технічних несправностей, що створює потребу в розробці автономних систем пожежогасіння для таких апаратів. На сьогодні існують кілька перспективних напрямів розвитку автономних систем пожежогасіння, які активно досліджуються в сучасній науковій літературі [1, 2, 3].

Об'єктами дослідження є БПЛА військового призначення, що охоплюють широкий спектр від тактичних розвідувальних БПЛА до стратегічних ударних платформ. Основна увага приділялася аналізу внутрішньої архітектури цих апаратів, зокрема систем енергозабезпечення, компонентів двигунів, паливних баків, а також критичних електронних систем. Враховувалися можливі джерела займання, які можуть виникнути через бойові пошкодження, перегрів компонентів або коротке замикання.

Для оцінки ефективності автономних систем пожежогасіння використовувалася комбінація методів комп'ютерного моделювання та експериментальних досліджень. Зокрема, було застосовано метод кінцевих елементів (FEM) для моделювання процесу займання та розповсюдження пожежі всередині корпусу БПЛА. Цей метод дозволяє точно оцінити вплив різних факторів, таких як тип матеріалу, температурні умови та наявність вентиляційних отворів, на динаміку пожежі [4].

Для моделювання систем пожежогасіння було створено віртуальні прототипи БПЛА, що містять різні типи сенсорних систем: інфрачервоні датчики; детектори диму; термопари та оптичні сенсори. Використовувалися алгоритми машинного навчання для оптимізації роботи сенсорних систем, зокрема для підвищення точності виявлення вогнищ займання та зменшення кількості помилкових спрацьовувань.

Особливу увагу приділяли розробці та тестуванню адаптивних алгоритмів управління автономною системою пожежогасіння. Вони включали механізми прогнозування ймовірності займання на основі аналізу реальних даних про стан компонентів БПЛА, зібраних під час польоту. Алгоритми враховували фактори ризику, такі як ступінь зношеності компонентів, рівень температури та кількість бойових пошкоджень, для автоматичного прийняття рішень щодо застосування відповідного методу гасіння: активного охолодження, ізоляції займання або хімічного гасіння [5].

Додатково було виявлено, що запропоновані методи пожежогасіння мають високу стійкість до пошкоджень. Навіть у випадках відмови окремих сенсорів або компонентів, завдяки надмірності та резервуванню, забезпечуючи вчасне виявлення та гасіння пожежі. Це особливо важливо в умовах бойових дій, де обладнання піддається високим навантаженням та ризику пошкоджень.

У результаті досліджень було виявлено, що найбільш ефективними для автономних систем пожежогасіння в БПЛА є комбіновані підходи, які використовують одночасно кілька методів виявлення та гасіння пожеж. Так, інтеграція інфрачервоних сенсорів з детекторами диму та температури дозволяє швидко ідентифікувати осередок займання, навіть за умов інтенсивних перешкод, що можуть виникнути під час виконання бойових завдань. Розроблені алгоритми управління автономною системою дозволяють оперативно приймати рішення щодо способу гасіння вогню, з урахуванням особливостей конструкції БПЛА та наявності критично важливих компонентів в зонах займання. Крім того, запропонована система має можливість автоматичного відновлення функціональності після успішного гасіння пожежі, що значно підвищує життєздатність БПЛА в бойових умовах [5, 6].

В рамках експериментальних досліджень була розроблена спеціальна випробувальна установка, яка дозволяє відтворювати умови, подібні до реальних бойових ситуацій, включаючи високі температури, динамічні удари та наявність вибухонебезпечних речовин. Для тестування систем пожежогасіння використовувалися піротехнічні суміші, що імітують займання паливних баків та інших легкозаймистих компонентів БПЛА.

Крім того, була проведена серія польових випробувань з використанням прототипів автономних систем пожежогасіння на базі реальних БПЛА, що підтвердили їхню високу ефективність та надійність. Під час тестових польотів, що імітували бойові умови з впливом зовнішніх факторів, таких як вітер, вібрації та різкі зміни температури, система успішно виявляла та ліквідовувала індуковані займання без втручання оператора. Середній час реакції системи складав 2,5 секунди, що є критично важливим для запобігання серйозних пошкоджень апарату та збереження його функціональності під час виконання місії.

Висновки.

Перспективи розвитку автономних систем пожежогасіння для військових БПЛА полягають у підвищенні їх ефективності за рахунок впровадження комбінованих сенсорних систем і адаптивних алгоритмів управління. Отримані результати можуть бути використані для створення

нових поколінь автономних систем пожежогасіння, що підвищить надійність і бойову готовність безпілотних літальних апаратів.

Список літератури

1. Степаненко, О. В. Сучасні системи автономного пожежогасіння для безпілотних літальних апаратів. – Науковий журнал, 2023, 234 с.
2. Іванов, П. М. Безпека військових БПЛА: виклики та рішення. – Монографія, 2022, 488 с.
3. Ніконов, Д. А. Автономні системи управління та захисту БПЛА. – Науковий вісник, 2023, 290 с.
4. Сміт, Дж. Моделювання пожежних ситуацій в авіаційних системах. – Журнал авіаційної техніки, 2022, 300 с.
5. Браун, Т. Інтеграція сенсорних систем для виявлення пожеж на БПЛА. – Науковий вісник, 2023, 285 с.
6. Дювал, Ж. Автономні алгоритми гасіння пожеж в безпілотних апаратах. – Монографія, 2024, 305 с.