

Тушение пожаров в последнее время приобрело чрезвычайно важное значение. Техногенные, природные, а также пожары, связанные с человеческим фактором, вызывают большое число жертв и приводят к значительным материальным потерям. В связи с этим очень актуально обнаружение очага пожара, когда он локализован на небольшой площади. Одним из наиболее эффективных средств обнаружения и тушения пожаров (в частности лесных) является применение авиации. Для авиационных систем встает вопрос о выборе системы дистанционного обнаружения очага пожара и метода наведения на него авиационного носителя огнегасящего средства. Известны различные дистанционные методы определения очага пожара, в частности, основанные на тепловизионном методе, и т.п. Однако все эти методы не позволяют определять координаты очага пожара, обладают низкой чувствительностью, зависят от задымления.

Одним из очень перспективных приборов дистанционного обнаружения очага пожара является использование УФ-С сенсора, который регистрирует ультрафиолетовое излучение в диапазоне 250 – 280 нм. Эти приборы уже нашли применение для обнаружения коронных и частичных разрядов, возникающих в местах неисправностей линий электропередач, организации посадки самолетов. Устройство дает возможность обнаружения и изучения динамики процесса горения путем регистрации ультрафиолетовой части излучения.

УФ-С диапазон имеет сравнительно низкий уровень фоновых помех и, в том числе, слабое влияние фонового излучения Солнца, поскольку солнечная радиация в указанном диапазоне сильно ослабляется озоновым слоем вокруг планеты. Указанное обстоятельство делает этот «солнечно-слепой» диапазон весьма привлекательным для создания систем, решающих различные технические задачи в условиях, когда солнечное излучение может экранировать полезный сигнал.

Целью настоящей работы является описание системы, позволяющей обнаруживать и определять координаты очага пожара на основе использования монофотонного сенсора, работающего в диапазоне длин волн 250-280 нм, осуществлять наведение летательного аппарата на очаг пожара и рассчитывать момент сброса огнегасящей жидкости.

Описываемая авиационная УФ-С системы обнаружения и определения координат очагов пожаров, способна работать автономно – без использования спутниковых систем навигации. Система является «солнечно-слепой» и может работать в любое время суток. Достоинством использования УФ-С излучения для обнаружения очагов пожаров является возможность работы системы в условиях сильной задымленности, поскольку дым, создаваемый пожаром, лишь незначительно рассеивает УФ излучение, но не поглощает его (в отличие от инфракрасного излучения, которое часто используется для обнаружения пожаров) и вызывает только уширение контуров очага пожаров.

Схема предлагаемой авиационной системы показана на рис. 1.

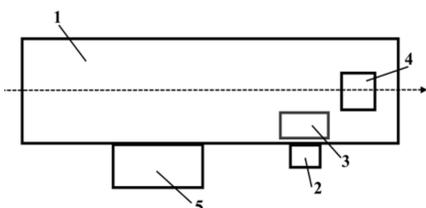


Рис. 1. Схема авиационной системы обнаружения, определения координат очагов пожаров и наведения на них носителя огнегасящей жидкости.

Эта система включает в себя (см. рис. 1): 1 - летательный аппарат (ЛА); 2 - ультрафиолетовый сенсор УФ-С диапазона (УФ-С сенсор); 3 – блок расчета траектории и управления летательным аппаратом, 4 - экран монитора УФ-С сенсора; 5 - система сброса огнегасящей жидкости. Пунктирной линией показана строительная ось ЛА.

Предлагаемая авиационная система дает возможность определения на борту летательного аппарата (ЛА) угловых координат очага пожара, обеспечивает работу системы в условиях пересеченной местности, а также использовать полученную координатную информацию для наведения летательного аппарата на очаг пожара и рассчитывать оптимальное время сброса огнегасящей жидкости посредством учета параметров полета носителя (путевой скорости и угла сноса при наличии бокового ветра), параметров модели оседания сброшенной воды.

Рассмотрим подробнее отдельные элементы системы. На рис. 2 показана блок – схема взаимодействия УФ-С сенсора с остальными элементами системы. Здесь 1 – УФ-С сенсор (выделен пунктирной линией) с составляющими его элементами: 2 – объектив, 3 - монофотонный время-координатно-чувствительный детектор (ВКЧД), 4 - вычислительный блок; 5 - блок расчета и управления (выделен штрих-пунктиром), включающий: блок 6 - расчета траектории летательного аппарата, времени выдачи команды на сброс огнегасящей жидкости, монитор 7, систему управления летательным аппаратом 8; устройство сброса огнегасящей жидкости 9

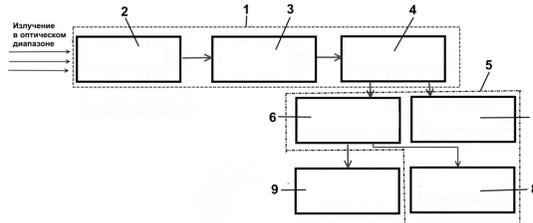


Рис. 2. Блок схема взаимодействия УФ-С сенсора с остальными элементами системы.

Функционирует приведенное на рис. 2 устройство следующим образом. Излучение, исходящее от очага пожара и других источников, попадает в объектив (2) УФ-С сенсора, где с помощью системы линз и фильтров из всего принимаемого потока оптическое излучение далее проходят только фотоны с диапазоне длин волн 250-280 нм. По литературным данным коэффициент подавления фотонов с длинами волн, отличными от указанного выше диапазона, может достигать 10^{-14} . Вследствие этого обеспечивается «солнечно-слепой» режим регистрации УФ-С источников, и устройство может работать в условиях интенсивного солнечного излучения, попадающего в объектив. Прошедший через объектив (2) фотон излучения попадает на фотокатод ВКЧД (3). Вычислительный блок (4) осуществляет определение угловых координат α (см. рис. 3) и β (см. рис. 4). На мониторе (7) формируется изображение, показывающее приходящие фотоны УФ-С излучения, попавшие в телесный угол объектива. На рис. 3 приведен пример отображения источника фотонов УФ-С излучения очага пожара на экране монитора 7, входящего в состав устройства, в виде яркого пятна.

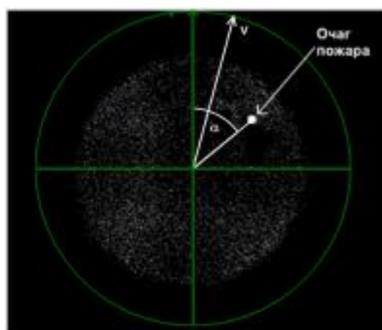


Рис. 3. Отображение очага возгорания на экране индикатора (вертикальной стрелкой показана строительная ось ЛА, а путевая скорость V приводится при наличии бокового ветра слева).

Наведение летательного аппарата на очаг пожара и определение времени сброса огнегасящей жидкости

Монофотонный УФ-С сенсор закрепляется снаружи обшивки ЛА (самолет, вертолет) так, что ось визирования его объектива лежит в вертикальной плоскости, проходящей через горизонтальную строительную ось ЛА – носителя огнегасящей жидкости. Рассмотрим три случая определения координат очага пожара: а) случай плоского рельефа местности; б) случай нахождения очага пожара на возвышенности; в) случай нахождения очага пожара в понижении рельефа.

Случай плоского рельефа

На рис. 4 показана геометрия ситуации для случая плоского рельефа. Отметим, что во всех трех ситуациях ось визирования УФ-С сенсора отклонена от надира на фиксированный угол β_0 (рис. 4), для обеспечения раннего обнаружения очага пожара.

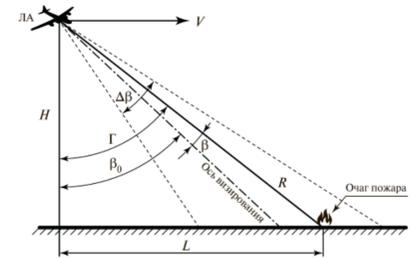


Рис. 4. Схема, поясняющая функционирование системы в условиях плоского рельефа местности.

$$L = H \cdot \operatorname{tg} \Gamma, \quad (1)$$

$$R = H \operatorname{sec} \Gamma. \quad (2)$$

После обнаружения очага пожара производится снижение ЛА на требуемую высоту. Далее при известных значениях горизонтальной дальности до цели L , наклонной дальности R , высоты полета H , вектора путевой скорости ЛА V , а также модели оседания облака воды после ее сброса с ЛА, в блоке 3 (рис. 1) вычисляется оптимальный момент сброса воды.

В случае неровного рельефа местности после разворота носителя на цель (очаг пожара) имеют место две противоположные ситуации.

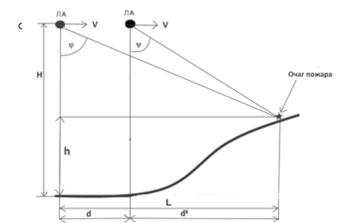


Рис. 5. Геометрия ситуации при нахождении очага пожара на возвышенности.

В этом случае производится два замера углов ϕ и ψ (см. рис. 5), для некоторого расстояния пролета d .

Из геометрических соотношений на рис. 6 следует, что приращение высоты очага пожара относительно равнинной части рельефа h равно

$$h = H - \frac{V \cdot t_{\text{пр}}}{\operatorname{tg} \phi - \operatorname{tg} \psi} \quad (3)$$

где $t_{\text{пр}}$ - это время, за которое самолет пролетает расстояние d . Время пролета $t_{\text{пр}}$ определяется исходя из типа самолета, его скорости и выбирается минимальным для достижения достаточной точности определения момента сброса огнегасящей жидкости и при этом $d = t_{\text{пр}} V$, а остаточное горизонтальное расстояние до очага пожара d' может быть получено из соотношения

$$d' = H - \frac{V \cdot t_{\text{пр}} \cdot \operatorname{tg} \psi}{\operatorname{tg} \phi - \operatorname{tg} \psi} \quad (4)$$

Дальнейшие действия пилотов аналогичны случаю плоского рельефа.

Случай нахождения очага пожара в понижении рельефа

Геометрия ситуации при нахождении очага пожара в понижении рельефа показана на рис. 6.

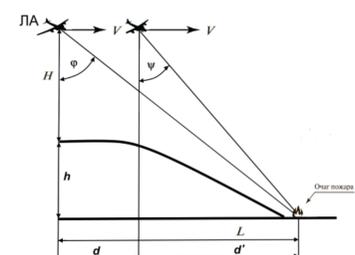


Рис. 6. Геометрия ситуации при нахождении очага пожара в понижении рельефа.

Аналогично предыдущему случаю имеют место следующие соотношения:

$$h = \frac{V \cdot t_{\text{пр}}}{\operatorname{tg} \phi - \operatorname{tg} \psi} - H \quad (5)$$

$$d' = \frac{V \cdot t_{\text{пр}} \cdot \operatorname{tg} \psi}{\operatorname{tg} \phi - \operatorname{tg} \psi} \quad (6)$$

С помощью формул (1-6) блоком (6) расчета траектории летательного аппарата, времени выдачи команды на сброс огнегасящей жидкости ЛА (рис. 2) определяются значения горизонтальных дальностей до очага пожара, а при известных значениях скорости и высоты полета носителя, а также модели оседания облака воды рассчитывается момент оптимального сброса огнегасящей жидкости.